

**JOSÉ CARLOS PEIXOTO MODESTO DA SILVA**

**ESTERCO LÍQUIDO DE GADO DE LEITE E ADUBAÇÃO MINERAL INFLUENCIANDO A  
PRODUÇÃO DE SILAGEM E PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO NA REGIÃO DOS  
CAMPOS GERAIS DO PARANÁ**

Dissertação apresentada como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre, apresentado ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Ciência do Solo do Setor de Ciências agrárias da Universidade Federal do Paraná.

**CURITIBA  
2005**

**JOSÉ CARLOS PEIXOTO MODESTO DA SILVA**

**ESTERCO LÍQUIDO DE GADO DE LEITE E ADUBAÇÃO MINERAL INFLUENCIANDO A  
PRODUÇÃO DE SILAGEM E PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO NA REGIÃO DOS  
CAMPOS GERAIS DO PARANÁ**

**CURITIBA  
2005**

Dedico,

Ao professor Antônio Carlos Vargas Motta, pela sua paciência, acessibilidade, disponibilidade, confiança, incentivo e principalmente pela sua amizade. Pois além do orientador presente, sempre teve uma palavra amiga no momento mais difícil.

A minha mãe Carmem Peixoto Modesta da Silva e meu pai José Carlos Modesto, por ter sido a grande responsável para que eu chegasse até aqui, com seu apoio, carinho e amizade.

O MEU MUITO OBRIGADO!

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal do Paraná, e ao departamento de Solos e Engenharia Agrícola pelo aprimoramento intelectual.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Volnei Pauletti, Luiz Carlos Costa, Ivo R. Santos por ter montado o experimento,

A professora Dra. Beatriz Monte Serrat, por ter participado do meu crescimento intelectual, pelo seu carinho, dedicação e amizade.

A minha co-orientadora Nerilde Favaretto, pelo apoio.

A todos os professores do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, pela atenção prestada.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, em Especial a Maria do departamento de Mineralogia e Dona Elda, Roberto Flori M.Barberi.

As minhas Amigas da Biblioteca.

A meus Amigos Mauricio César Yung, Marcelino Hurmus, Euroclito (Neto) e todos do curso de mestrado.

Aos meus irmãos: Cássio e Karina

Aos meus Filhos: Yago e Ryan

A minha esposa: Maria Eugênia

A professora Regina Celes, pela correção textual.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	8
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE QUADROS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	12
INTRODUÇÃO GERAL.....	13
MATERIAL E MÉTODO GERAL.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
ANEXOS.....	53
1 CAPÍTULO I - ESTERCO LÍQUIDO DE GADO DE LEITE E ADUBAÇÃO MINERAL NA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE INVERNO E VERÃO NO MUNICÍPIO DE CASTROLANDA –PARANÁ.	
1.1 Introdução.....	20
1.2 Material e métodos.....	21
1.3 Resultados e discussão.....	22
1.4 Conclusões.....	28
1.5 Referências Bibliográficas.....	28
2 CAPÍTULO II - ESTERCO LÍQUIDO DE GADO DE LEITE E ADUBAÇÃO MINERAL, INFLUENCIANDO NOS PARÂMETROS DE ACIDEZ DE UM LATOSSOLO BRUNO, SITUADO NO MUNICÍPIOS DE CASTROLANDA – PARANÁ.	
2.1 Introdução.....	29
2.2 Material e métodos.....	31
2.3 Resultados e discussão.....	31
2.4 Conclusões.....	37
2.5 Referências Bibliográficas.....	37
3 CAPÍTULO III - ESTERCO LÍQUIDO DE GADO DE LEITE E ADUBAÇÃO MINERAL, INFLUENCIANDO P, K, CARBONO E CONDUTIVIDADE ELETRICA, EM UM LATOSSOLO BRUNO, SITUADO NO MUNICÍPIOS DE CASTROLANDIA –PARANÁ.	
3.1 Introdução.....	40
3.2 Material e métodos.....	41
3.3 Resultados e discussão.....	42
3.4 Conclusões.....	49
3.5 Referências Bibliográficas.....	49

## RESUMO GERAL

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo

Universidade Federal do Paraná.

A região dos Campos Gerais, localizada no estado do Paraná, Brasil, concentra um grande número de fazendas de gado de leite, em confinamento Free Stall, gerando grande quantidade de esterco líquido, que tem sido usado para produção de silagem em sistema de plantio direto. Sabe-se, contudo que a aplicação de quantidades excessivas de esterco pode resultar em acúmulos de nutrientes no solo, podendo ocasionar perdas no seu perfil e danos ao meio ambiente. Porém a aplicação de pequenas quantidades pode causar, deficiência de nutriente para produção de forragem. Deste modo, para otimizar a produção agrícola, e a qualidade ambiental, é necessário saber as quantidades ideais de resíduo e fertilizantes químicos, para que se tenha uma produção máxima, sem com isto vir a causar problemas ambientais, com o uso incorreto de adubos e fertilizantes químicos. Assim este experimento foi conduzido por um período de 06 anos, de 1997 a 2003, no município de Castrolanda-Paraná, com o objetivo de verificar quais são as quantidades ideais de esterco necessárias para obter uma produção máxima utilizando diferentes doses de esterco líquido de gado de leite, combinado com diferentes doses de adubo químico, nas rotações de cultura de inverno e verão (sorgo/aveia preta/milho/azevém/milho/azevém) para a produção de silagem em condições de clima subtropical. Assim, o Experimento foi conduzido usando diferentes doses de esterco líquido de gado de leite (0, 30, 60 e 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) combinado com diferentes doses de fertilizantes químicos, baseado na recomendação de culturas de verão e inverno para produção de silagem (0, 50 e 100%). O pH do solo, Al<sup>+3</sup>, (H<sup>+</sup> + Al<sup>+3</sup>), Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, P (Mehlich1 e Resina), condutividade elétrica e carbono foram determinados em amostras de solos, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-30, 30-50 e 50-80cm. Tanto as culturas de inverno e verão foram afetadas de maneira significativas pelos tratamentos. Os resultados para a produção de silagem de milho indicaram que as respostas aos tratamentos variaram entre os anos. Também foi observado que o efeito da adubação com esterco líquido de gado de leite e fertilizantes minerais, só foi observado quando avaliado isoladamente, com exceção do sorgo. Para o sorgo, a influência nos tratamentos foi obtida em um dos dois anos analisados, sendo que no ano de 2000 houve interação entre os tratamentos. Houve efeito dos tratamentos para o azevém incrementando a produção, no entanto os aumentos diminuíram à medida que se sucederam os cultivos. O esterco líquido de gado de leite e o fertilizante mineral aumentaram a produção de aveia preta comum nos dois anos de cultivo, 1997 e 2001. Porém, as respostas à adubação com esterco líquido de gado de leite foram menor que para o azevém. Da mesma forma que na produtividade, não

foi observado para propriedades químicas do solo, interação entre os tratamentos com exceção do  $\text{Ca}^{+2}$ , na profundidade de 30-50cm. A aplicação de esterco diminuiu a acidez do solo, aumentando o pH nas profundidades de 0-5 e 30-50cm, e reduziu a acidez potencial na profundidade de 0-5cm. Foi observado um incremento no  $\text{Ca}^{+2}$  trocável na profundidade de 0-5cm, quando da aplicação de  $90\text{m}^3$  de esterco líquido de gado de leite sendo observado interação entre esterco e fertilizante mineral na profundidade de 10-30cm. Observou-se efeito na adubação com esterco líquido de gado de leite para o  $\text{Mg}^{+2}$  trocável até a profundidade de 30cm, já para o fertilizante mineral os aumentos foram observados abaixo dos 30cm de profundidade. Na camada superior (superfície), foram observados aumentos nos teores de P, tanto para o extrator Mehlich I como para o P-resina, para os tratamentos com esterco líquido de gado de leite e fertilizante mineral de maneira isolada. Embora, o esterco de gado de leite tenha apresentado teores médios de K até a profundidade de 50cm, as quantias aplicadas de esterco não foram suficientes para manter o K no perfil quando comparado valores da implantação, em quantidades suficientes para, cultivos subseqüentes. Houve aumentos na condutividade elétrica, em todas as profundidades analisadas neste experimento, quando da aplicação de esterco líquido de gado de leite foi aplicado deduzindo haver perda de nutriente no perfil do solo, embora os valores sejam considerados de normais a baixo. Não foram observadas mudanças nos níveis de C, nos tratamentos analisados neste experimento.

## **GENERAL ABSTRACT**

Master Dissertation

Program of Masters Degree in science of the soil

Federal University of Paraná, PR, Brazil.

Liquid dairy manure application influencing silage production and soil chemical properties at Campos Gerais region of Paraná state - Brazil.

The Campos Gerais region, located at Paraná State – Brazil, concentrates large numbers of dairy farms under free stall which generate huge amount of liquid manure that has been using for silage production under no tillage system. It is well know that excessive manure application can result in accumulation or incision nutrient loss which may create environment problem and nutrient imbalance. But, the application of low residue rate can result in nutrient lack for the crops. To optimize the agricultural productivity and environmental quality in the origin, the residue and chemical fertilizer rate required for the crops should be know, focusing in nutrient balance and crop productive. Soil chemical analyses is an excellent tool in order to monitoring the changes and risks from manure application. However, there is a lack of long term experiment in order to established manure rate for grain crops under subtropical condition, especially combining manure and mineral fertilizer. So, the experiment was established using different rates of dairy liquid manure (0, 30, 60 and 90 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) with start fertilization recommended winter and summer crops for silage (0, 50 and 100%). The experiment was conducted for 6 years, from 1997 to 2003, using crop rotation (sorghum/black-oat/corn/ryegrass/corn/ryegrass), managed under no-tillage. they were also analyzed the influence in the chemical parameters of the soil as: Soil pH, Al, (H<sup>+</sup> + Al<sup>+++</sup>), Ca, Mg, K, P (Mehlich 1 and Resin), electrical conductivity and soil organic carbon were determined on soil samples collected at depths of 0-5, 5-10, 10-30, 30-50 and 50 –80 cm, after 6 years. Summer and winter crop yield were affected by the treatments. The yield results for all crop showed that there was interaction among the treatments only on sorghum yield in 2000. The yield results for the corn silage indicated that the answers to the treatments varied among the years. Also, it was observed single effect of dairy liquid manure and/or mineral fertilizer for all year evaluated. The influence of treatments on sorghum yield was obtained in one of two years with interaction effect for year 2000. The ryegrass yield was affect by the treatment and increment on yield due to mineral fertilization decreased during the years on cropping. Dairy liquid manure and mineral fertilizer increased black oat yield in two years of cultivation (1997 and 2001). However, the improvement on black oat yield was smaller than obtained for ryegrass for dairy manure application. Like crop yield, no interaction effect was observed for chemical properties with exception of Ca within 30-50 cm



depth. Manure application diminished soil acidity by increasing soil pH within 0 - 5 and 30-50 cm soil depths and reducing potential acidity within 0-5 cm depth. It was observed increment of exchangeable Ca within 0-5 cm depth when it was applied 90 m<sup>3</sup> of liquid dairy manure and interaction between manure and chemical fertilizer was observed within 10-30 cm depth. Single effect of dairy liquid manure was observed for exchangeable Mg until 30 cm depth while mineral fertilizer provided increment until below 30 cm. Upper layer increment of extractable P Mehlich I and Resin was observed due to manure and fertilizer application. Although, dairy manure increased K until a depth of 50 cm, the amount applied with manure was not enough to maintain K in the profile, suggesting rapidly reserve depletion. Higher values for electrical conductivity, in whole profile, was observed where manure was applied, inferring about high nutrients loss. It was not observed changing in the organic C due to treatment.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Valores encontrados de pH $\text{CaCl}_2$ , acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ ), $\text{Ca}^{++}$ , $\text{Mg}^{++}$ Trocável em sistema de plantio direto submetido a diferentes doses de esterco líquido de gado leite, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.....	33
TABELA 2.2 – Valores encontrados de pH( $\text{CaCl}_2$ ), acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ ), em sistema de plantio direto submetido a diferentes doses de adubação mineral, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.....	33
TABELA 2.3 – Valores encontrados de cálcio na profundidade de 10-30cm, tendo sido observado interação entre os tratamentos, submetido a diferentes doses de adubação mineral combinado com esterco líquido de gado de leite, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.....	34
TABELA 2.4 - Valores encontrados de $\text{Mg}^{+2}$ , em sistema de plantio direto, submetido a diferentes doses de adubação mineral, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.....	36
TABELA 2.5 – Valores encontrados de V %, em sistema de plantio direto, submetido a diferentes doses de esterco líquido de gado de leite, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.....	36
TABELA 3.1 – Valores de P (Mehlich-1.e resina), K e condutividade elétrica do solo em área sob em sistema de plantio direto submetido a diferentes doses de esterco líquido de gado de leite, por um período de seis anos, com remoção da planta para silagem, localizado em Castro –PR.....	43
TABELA 3.2 – Valores de P Mehlich I e resina do solo em área sob em sistema de plantio direto, submetido a diferentes doses de adubo mineral, por um período de seis anos, com remoção da planta para silagem, localizado em Castro –PR.....	44
TABELA 3.3 – Valores encontrados de condutividade elétrica em sistema de plantio direto submetido a diferentes doses de adubação química, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.....	46

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Balanço Hídrico do município de Castro – Paraná 1998/1999 .....	15
Quadro 2 - Balanço Hídrico do município de Castro – Paraná 1999/2000.....	15
Quadro 3 – Balanço Hídrico do município de Castro – Paraná 2000/2001.....	15
Quadro 4 – Balanço Hídrico do município de Castro – Paraná 2001/2002.....	16
Quadro 5 – Balanço Hídrico do município de Castro – Paraná 2002/2003.....	16
Quadro 6 – Parâmetros químicos do solo da área de estudo antes da instalação do experimento no ano de 1997.....	16
Quadro 7 – Parâmetros químicos médios de solo adjacente à área experimental sob condição natural fase floresta ombrófila mista (2004).....	17
Quadro 8 – Rotação de culturas de verão e inverno em sistema de plantio direto, entre 1997 e 2003 na área experimental (Castrolanda-PR).....	17
Quadro 9 – Nutrientes adicionados ao solo, pelo esterco líquido de gado de leite, durante o período experimental de 06 anos.....	18
Quadro 10 - Adubação das forrageiras que participam da rotação de cultura do experimento, correspondente a 100% da adubação química.....	18

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da distribuição dos tratamentos.....	18
Figura 2 – Produção de matéria seca da parte aérea do milho para produção de silagem, mostrando superfície de resposta aos tratamentos com diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e adubação mineral.....	24
Figura 3 – Produção de matéria seca da parte aérea do sorgo para produção de silagem, mostrando superfície de resposta aos tratamentos com diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e adubação mineral, referente ao ano de 2000.....	25
Figura 4 – Produção de matéria do azevém para produção de silagem, mostrando superfície de resposta aos tratamentos com diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e adubação mineral.....	26
Figura 5 – Produção de matéria da aveia preta para produção de silagem, mostrando superfície de resposta aos tratamentos com diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e adubação mineral.....	27

## INTRODUÇÃO GERAL

Diversos resultados de pesquisa têm evidenciado a concentração de nutrientes em resíduo orgânico, como é o caso do esterco líquido de gado de leite. Segundo Overcash et al. (1983), cada animal excreta aproximadamente 145 g N, 42,7 g P, e 131,5 g K em esterco fresco diariamente. O seu uso como fertilizante tem resultado, normalmente, em aumentos significativos na produtividade das culturas, tanto naquelas utilizadas como cobertura de solo (OLSEN & BARBER, 1977; BARCELLOS, 1991;) como naquelas cultivadas para fins comerciais (EVANS et al, 1977).

Nos tempos atuais, esta prática vem se intensificando, pelo fato do adubo orgânico trazer inúmeros benefícios ao solo, influenciando direta ou indiretamente nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas (STEVENSON, 1994). Além de diminuir os custos pelo menor uso de fertilizantes químicos, existe a necessidade de se dar um destino, a grande quantidade de excremento em locais que produzam muito esterco, visando utilizar os recursos prontamente disponíveis (LEKASIA et al, 2002).

No município de Castrolanda no Paraná, onde foi montado o experimento, encontra-se um centro de produção leiteira e derivados, com um plantel de cerca de 20.000 matrizes leiteiras em lactação, em sistema de manejo intensivo, gerando cerca de 35 kg por animal de dejetos diariamente (fezes + urina+ sobra de ração + água residual). Considerando-se o plantel existente, estima-se uma produção de 700.000 kg de esterco por dia e 255.500 toneladas por ano somente neste município (FUNDAÇÃO ABC, 2003).

Contudo um aspecto importante a ser considerado é de que a qualidade do solo está intimamente relacionada com a qualidade da água. Neste sentido é necessário se determinar qual a melhor dosagem, época e forma de se fazer à adubação orgânica com dejetos de animais. Para tanto deve-se considerar que cada tipo de solo, em condições ambientais específicas, apresenta uma capacidade de suporte à adubação orgânica, de forma que a saturação dessa capacidade, certamente resultará em contaminação de águas (FROSTB e SMITH, 1999), e em vez de estarmos melhorando a fertilidade do solo, estarmos poluindo o meio ambiente.

Desta forma, o conhecimento da dosagem ideal da mistura de fertilizantes orgânicos (esterco líquido de gado de leite), e fertilizantes químicos, entendendo as reações químicas envolvidas e a mobilidade dos elementos no perfil do solo, além de diminuir o risco ambiental, possibilitará uma maior eficácia no uso de fertilizantes minerais e orgânicos.

Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito da adubação orgânica com esterco líquido de gado de leite, combinado com adubação mineral, sobre a produção de silagem em culturas de inverno e verão e nas propriedades químicas do solo na região dos campos gerais do Paraná, relacionando a eficiência da aplicação de esterco em superfície versus adubação mineral.

Para que fossem atingidos estes objetivos, analisamos os dados de produção e fertilidade do solo, os quais são apresentados separadamente em capítulos nesta dissertação. O primeiro capítulo, se refere à produtividade das culturas de verão (milho e sorgo) e de inverno (aveia preta comum e azevém). O segundo capítulo refere-se a influência do esterco líquido de gado de leite e adubação mineral nos parâmetros de acidez, e o terceiro capítulo, a influência do esterco e adubação mineral, nos teores de P, K, carbono e condutividade elétrica.

## **MATERIAL E MÉTODOS GERAL**

O experimento foi conduzido no período de março de 1997 a julho de 2003, na fazenda Capão Alto, na área experimental da Fundação ABC (Fundação Arapoti, Batavo e Castrolanda) localizado em Castrolanda - PR, Município de Castro-PR, situada entre 24°45' e 25°00' de Latitude Sul e 49°45' e 50°15' Longitude Oeste com altitude média de 980 a 1000m.

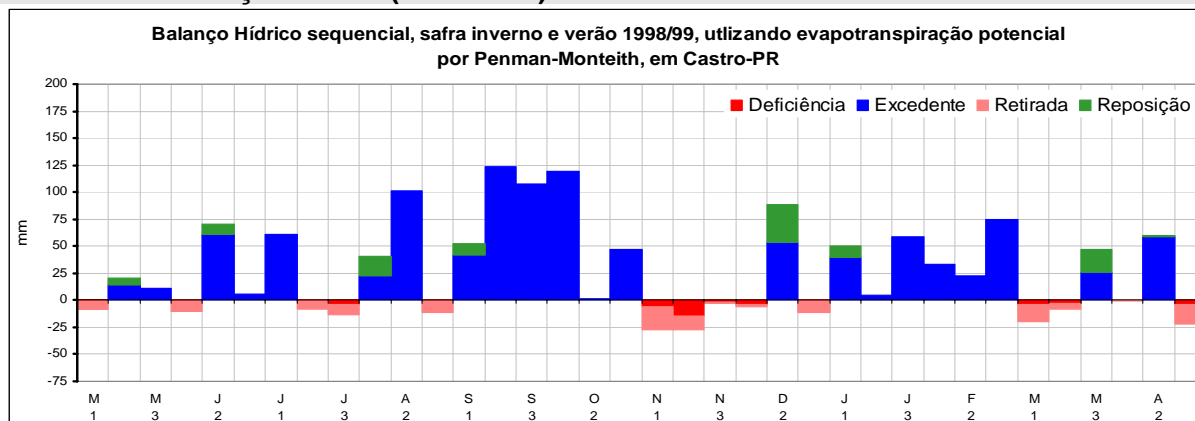
O clima da região segundo Koppen é classificado como Cbf, clima mesotérmico, úmido e superúmido, sem estação seca, com verões frescos e geadas severas no inverno. Registra temperaturas médias de 19°C entre os meses de outubro a março e de 11°C de abril a setembro. No quadro 1 a 5, encontra-se o balanço hídrico no período de 1998 a 2002, sendo a umidade relativa do ar entre 70 a 75 %, a evapotranspiração média varia entre 900 a 1000 mm (MAACK, 1981).

A vegetação original é caracterizada por Floresta Subtropical Perenifolia, sendo constituídas por araucária, imbuia, cedro, canela e outras espécies folhosas (MAACK, 1981).

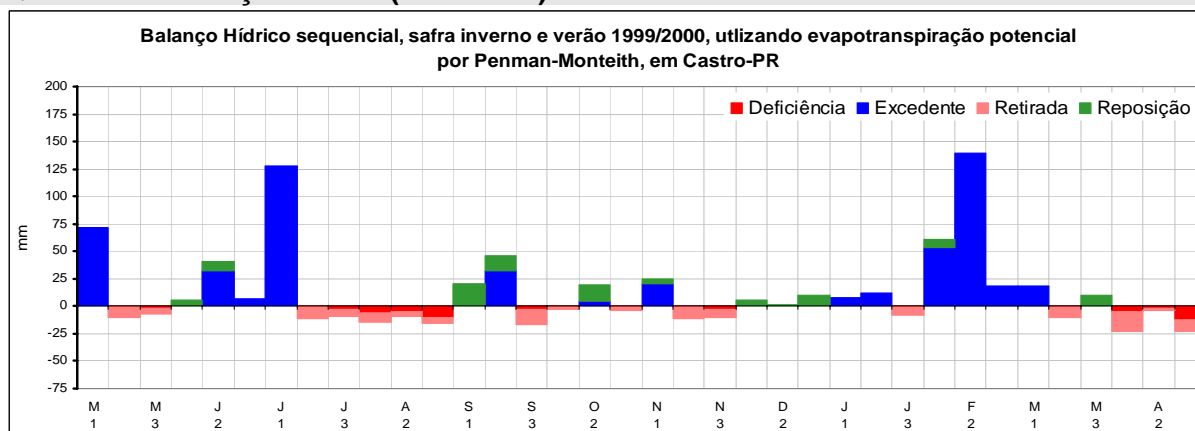
O tipo de solo, de acordo com a classificação da Embrapa (1999) é caracterizado como Latossolo Bruno distrófico, apresentando uma matiz 5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, com o horizonte A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical com relevo suavemente ondulado embora na área do experimento seja plana (FUNDAÇÃO ABC). As características químicas médias do solo antes da implantação do experimento, podem ser observadas no Quadro 6, e as características do solo sobre condição natural, em área adjacente ao experimento no Quadro 7.

O esterco utilizado foi proveniente da criação de gado leiteiro, em sistema intensivo de manejo em galpões de confinamento (Free stall), onde os animais permanecem confinados durante todo o tempo, recebendo suplementação completa no cocho, volumoso (silagem), concentrado (ração), e sal mineral.

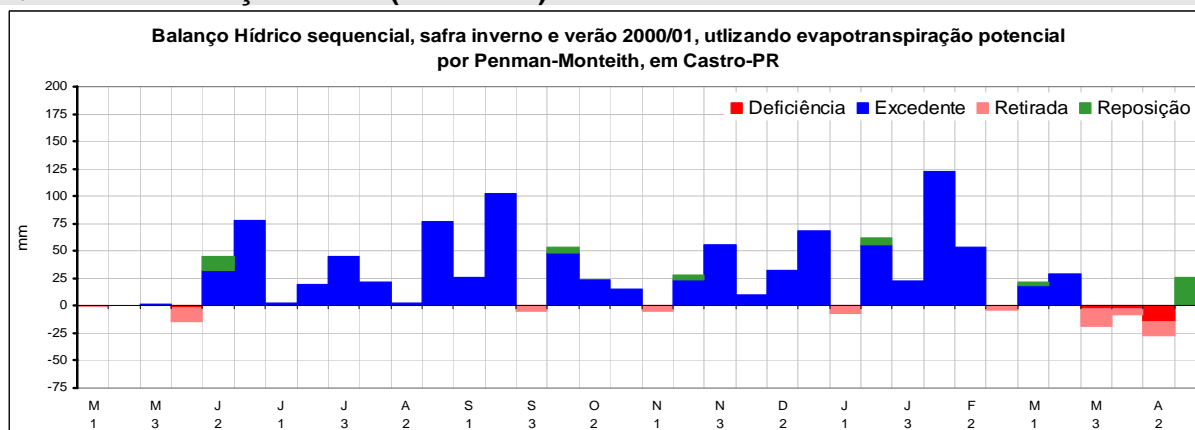
### Quadro 1 - Balanço Hídrico (1998/1999)

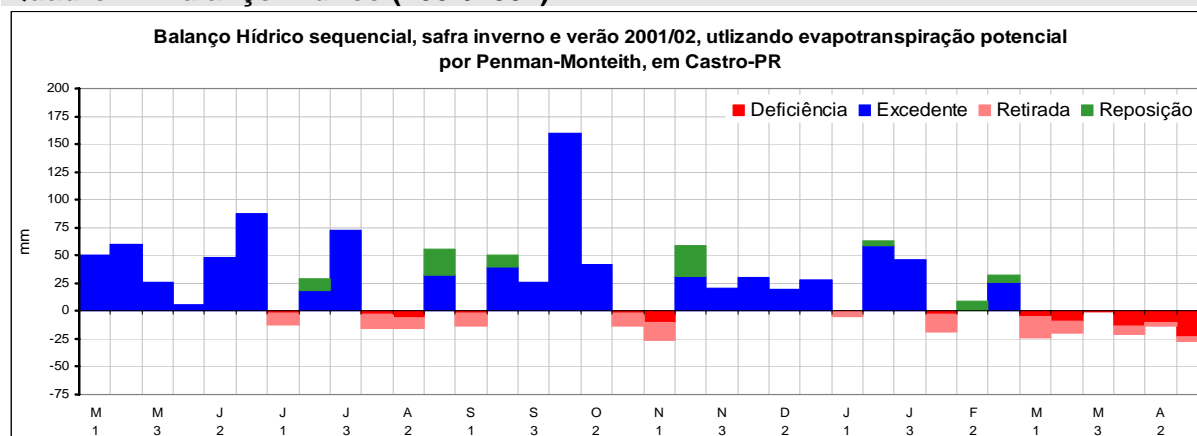
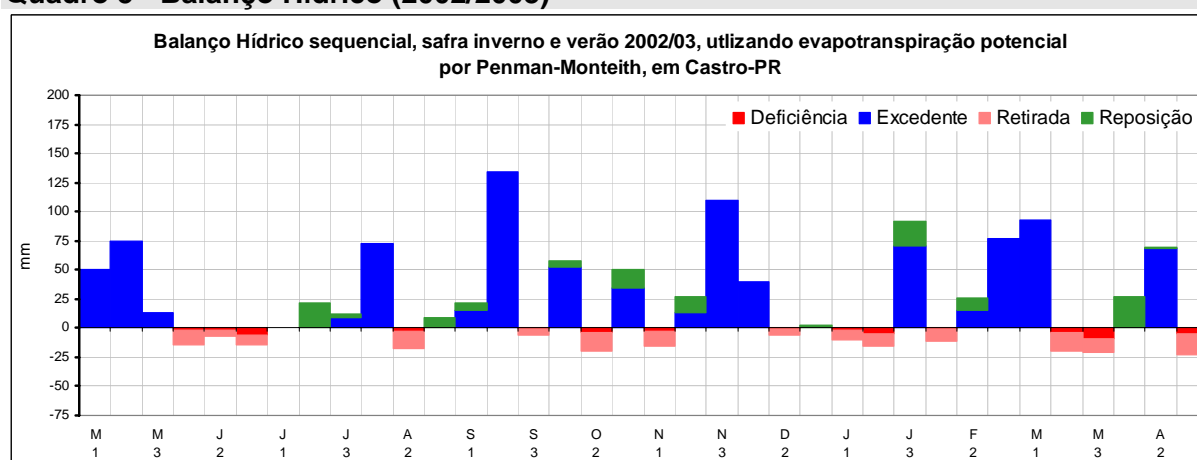


### Quadro 2 - Balanço Hídrico (1999/2000)



### Quadro 3 - Balanço Hídrico (2000/2001)



**Quadro 4 - Balanço Hídrico (2001/2002)****Quadro 5 - Balanço Hídrico (2002/2003)**

Os dejetos utilizados foram compostos pela mistura de fezes e urina dos animais, além de outros materiais provenientes do processo criatório, como água desperdiçada nos bebedouros, água de higienização, restos de alimentos, pêlos, poeira, etc. Sendo este material armazenado em esterqueiras, próxima ao galpão de confinamento, os quais foram homogeneizados diariamente. O transporte do esterco líquido de gado de leite, foi feito por meio de trator com vagão contendo rosca sem fim, que permite a homogeneização do esterco, quando este está sendo transportado para o campo.

Quadro 6. Parâmetros químicos do solo da área de estudo antes da instalação do experimento no ano de 1997.

Prof. (cm)	PH CaCl <sub>2</sub>	H+Al	Al <sup>+++</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	P resina mg.dm <sup>-3</sup>	C g.dm <sup>-3</sup>	MO g.dm <sup>-3</sup>	V%
0-10	5,1	6,09	0,08	0,32	3,75	1,67	94,6	26,0	44,8	48,5
10-30	5,3	4,97	0,03	0,15	3,99	1,86	53,2	21,0	36,2	54,7

As rotações de culturas e cultivares estão apresentadas no Quadro 8, com os respectivos anos de plantio. Foram plantadas plantas forrageiras, sendo estas cortadas e ensiladas, para posterior fornecimento no cocho aos animais.



Quadro 7. Parâmetros químicos médios de solo adjacente à área experimental sob condição natural fase floresta ombrófila mista (2004).

Prof. (cm)	pH		H+Al	Al <sup>+++</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	P Mehlich	C	MO	V%
	CaCl <sub>2</sub>	SMP	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					mg.dm <sup>-3</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	
<b>0-5</b>	4,2	5,1	9,7	2,7	0,21	0,5	0,15	8,2	49,8	85,7	8,1
<b>5-10</b>	4,1	5,0	10,5	3,4	0,10	0,1	0,01	3,5	38,9	66,9	1,9
<b>10-30</b>	4,2	5,2	9,0	3,3	0,07	0,01	0,0	2,3	36,5	62,8	0,9
<b>30-50</b>	4,3	5,6	6,7	2,6	0,04	0,0	0,0	1,5	26,9	46,3	0,6
<b>50-80</b>	4,4	5,5	7,2	2,3	0,04	0,0	0,0	2,8	23,2	39,9	0,6

Quadro 8. Rotação de culturas de verão e inverno em sistema de plantio direto, entre 1997 e 2003 na área experimental (Castrolanda-PR)

Ano Plantio	Forrageiras	
	Verão	Inverno
97/98	Sorgo ( <i>Sorghum vulgaris</i> Pers.)	Aveia Preta ( <i>Avena strigosa</i> schred)
98/99	Milho ( <i>Zea mays</i> L.)	Azevém ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam.)
99/00	Milho ( <i>Zea mays</i> L.)	Azevém ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam.)
00/01	Sorgo ( <i>Sorghum vulgaris</i> Pers.)	Aveia Preta ( <i>Avena strigosa</i> schred)
01/02	Milho ( <i>Zea mays</i> L.)	Azevém ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam.)
02/03	Milho ( <i>Zea mays</i> L.)	Azevém ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam.)

O delineamento experimental foi um fatorial com parcelas subdivididas distribuídas em três blocos casualizados. Cada bloco foi constituído por 12 tratamentos contendo três doses de adubação mineral (0, 50 e 100%, da dose recomendada para as culturas), e quatro doses de adubação orgânica (0, 30, 60, 90m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) como mostra a Figura 1. As amostras de solo para análise química deu-se em cinco profundidades (0-5, 5-10, 10-30, 30-50, 50-80cm). A análise estatística para produtividade das culturas de verão e inverno foi feita por superfície de resposta. Para os parâmetros químicos do solo, depois de testada a homogeneidade de variância pelo teste de Bartlett, procedeu-se à análise de variância pelo método fatorial em blocos casualizados. Para a comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As doses de esterco foram aplicadas anualmente em duas vezes iguais, uma antes do plantio de verão e outra antes do plantio de inverno, em superfície sem incorporação. Os nutrientes adicionados ao solo, no período de 06 anos, por meio do esterco líquido de gado de leite, representado no quadro 9, que mostra a média de três análises efetuadas, em julho de 2001, dezembro de 2001, e julho de 2002. A média destas análises, foi multiplicada por seis, para estimar a quantidade de nutriente adicionado ao solo no período de seis anos.



Quadro 9 – Nutrientes adicionados ao solo, pelo esterco líquido de gado de leite, durante o período experimental de 06 anos.

Dose esterco	Doses de Plantio kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0	0	0	0
30	228	372	618
60	456	744	1236
90	684	1116	1854

Quadro 10 - Adubação das forrageiras que participam da rotação de cultura do experimento, correspondente a 100% da adubação química.

CULTURAS	Doses de Plantio kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>			Doses de Cobertura (kg ha <sup>-1</sup> )	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O
Sorgo	30	60	60	90	0
Milho	30	60	60	90	
Aveia Preta	20	60	60	37.5	37.5
Azevém	16	45	0	77.5	
Total (6 anos)*	284	660	480	925	75

\* Calculado considerando as culturas de inverno e verão e os anos de cultivo.

18

utilizando trado calador, e nas profundidades de 30-50 e 50-80cm foi retirada 5 amostras simples para fazer uma amostra composta, utilizado o trado holandês. As amostras foram coletadas aleatoriamente nas parcelas, e com os cuidados recomendados para a não contaminação das amostras superiores, como limpeza de profundidade de amostras no sentido das profundidades maiores para as menores.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELLOS, L.A.R. **Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos**. Santa Maria - RS, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Dissertação Mestrado em Agronomia, 108 p. 1991

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 26, 412p. : II. 1999.

EVANS, S.D.; GOODRICH, P.R.; MUNTER, R.C.; SMITH. **Effects of solid and liquid beef manure and liquid hog manure on soil characteristics and on growth, yield, and composition of corn**. Journal Environmental Quality. 6:361-368. 1977.

FROSTB, J.; SMITHA, K. **Excretion of nitrogen for farm cattle with regard to earth spreading demands and controlling losses of nitrogen to have based and surface waters**. Institute of Agricultural research of Ireland Of the north, Hillsborough, United Kingdom, 1999.

FUNDAÇÃO ABC. **Assistência e divulgação técnica agropecuária**. Rodovia PR 151- km 155,5 Castro-PR.

LEKASIA, J.K.; TANNERB, C. S.; KIMANIA, K.; HARRIS, P. J. C. **Quality of cattle fertilizer in District of Maragua, Quênia Central: effect of administration practices and development of simple methods of evaluation**. Kenya Institute of Agricultural Research, P.O. Box 57811, Nairobi, Kenya, Institute of Research of International Cattle, P.O. Box 30709, Nairobi, Kenya, HDRA, Ryton Organic Gardens, Coventry CV8 3LG, UNITED KINGDOM, 2002.

MAACK, R. **Classificação do clima do estado do Paraná**. In: **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro 2. ed. p. 175-189. 1981

OLSEN, S.R.; BARBER, S.A. **Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters**. American Society of Agronomy, In: Soil Science Society of America. 1977.

OVERCASH, M.R.; F.J.HUMENIK.; J.R.MINER. **Livestock waste management**, vol.1. CRC. Press, Boca Ranton, 1983.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry genesis, composition, reactions**. New York, John Wiley, 496p, 1994.

## **CAPÍTULO 1- ESTERCO LÍQUIDO DE GADO DE LEITE E ADUBAÇÃO MINERAL NA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE INVERNO E VERÃO NO MUNICÍPIO DE CASTRO-PARANÁ.**

### **1.1 Introdução**

Existe uma busca incessante, em se obter uma máxima produtividade por área, e neste contexto, os avanços tecnológicos ocorridos na agropecuária brasileira nos últimos anos, resultaram em aumentos significativos na produtividade das principais culturas e dos animais. No Brasil, em determinadas regiões já existe produtividade por área compatível com outras regiões produtoras do mundo, permitindo que o nosso produto possa competir em iguais condições em uma economia globalizada.

Dentre os fatores que contribuíram para um aumento na produtividade, em algumas regiões do país, como a região dos Campos Gerais no Paraná, destaca-se: a) o plantio direto, reconhecido pela eficiente prática de manejo conservacionista, b) a rotação de cultura e, c) a utilização de resíduos orgânicos, gerados pelos criatórios de animais, como o esterco líquido de gado de leite.

O plantio direto minimizou os problemas relativos à perda de solo por erosão, contribuiu para o aumento de disponibilidade de água e nutrientes, aumentando a atividade biológica do solo o que favoreceu um melhor aproveitamento dos resíduos culturais (CERETTA et al., 2002) otimizando o rendimento das culturas em curto prazo (MUZILLI, 1991). Além disso, podemos verificar também o aumento dos teores de matéria orgânica no sistema de plantio direto, fator de importância sobre os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo (PHILLIPS, 1984)

O sistema de rotação de cultura trouxe inúmeras vantagens, na busca pela maior fertilização dos solos, como podemos citar a seguir: a) maior diversificação da renda do produtor rural, b) maior controle de pragas e doenças, c) redução da amplitude térmica, da camada superficial do solo, permitindo que se tenha maior umidade, evitando as perdas de água por evaporação, d) influência na atividade biológica, o que favorece uma maior aeração, e proporciona acentuada mineralização do material orgânico na superfície, favorecendo a redistribuição dos nutrientes pelo perfil do solo, de forma lenta e gradual, fazendo com que haja uma relativa quantidade de material orgânico, em profundidade, possibilitando que as raízes das plantas absorvam nutrientes, não apenas nas camadas mais superficiais do solo (MOTTA, 2002).

A utilização de resíduo orgânico, como o esterco líquido de gado de leite, disponíveis em grande quantidade, em áreas onde exista a criação de gado de leite, em sistema de confinamento, pode propiciar uma diminuição nos custos de produção, pela substituição aos adubos químicos. Existem diversos trabalhos na literatura, que relatam uma

maior ou igual eficiência na adubação orgânica em relação ao adubo químico. Como os trabalhos realizados por Suttum et al., (1986), trabalhando com esterco de gado de leite, tendo um rendimento superior ao fertilizante químico superior a 1%, na produção de milho. Já Konzen (2003b), trabalhando com adubação com esterco líquido de bovino leiteiro na produção de milho forragem, matéria seca e grãos, desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo, resultou em produção similar em todas as modalidades de adubação, tanto química como orgânicas.

Scherer (2000), em estudo de quatro safras de milho sob plantio direto, obteve aumentos gradativos em produtividade ao longo dos anos com uso de esterco de suínos, alcançando produtividades entre 10% e 16% superiores quando comparadas a fontes de nitrogênio mineral, na safra 99/00.

Konzen (2003a) apresentou produtividades de milho com uso de doses crescentes de dejetos suínos (45, 90, 135 e 180 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano) superiores à adubação química exclusiva em 48%, 85%, 112% e 119%, respectivamente, em solos de cerrado de baixa fertilidade natural (safra 85/87). Em outro experimento do mesmo autor, as produtividades de milho para adubação exclusiva com 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de esterco de suinocultura foram 39% e 12% superiores à adubação química exclusiva, para as safras 99/00 e 01/02, respectivamente.

No entanto, existem na literatura, principalmente no Brasil, poucos trabalhos relacionados à determinação das melhores dosagens do esterco líquido de gado de leite, combinado com adubação mineral, aliada a qualidade ambiental na produtividade de culturas de inverno e verão. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo obter as doses mais adequadas de aplicação de esterco líquido de gado de leite, combinado com adubação mineral, em função da produtividade, e mostrar a melhor resposta da rotação de cultura, ao sistema de plantio direto na região dos Campos gerais no estado do Paraná.

## **1.2 Material e métodos**

No item material e métodos geral foram abordados as principais características de clima, solo, localização do experimento, características inerentes ao esterco líquido de gado de leite, adubação mineral, rotação de cultura e delineamento experimental.

As culturas de verão, sorgo e milho, foram plantadas nos meses de setembro a outubro na superfície do solo, sendo o plantio feito por maquinário adaptado para as culturas, reguladas para que o espaçamento do milho e do sorgo seja de aproximadamente 80cm entre fileiras. As sementes de milho utilizadas foram da cultivar AG 9012 e do sorgo a cultivar 2005. A adubação mineral que se refere o Quadro 10, corresponde a 100% da dose recomendada para as culturas em sistema de plantio direto, citado no item material e método geral. O esterco foi aplicado manualmente em cada parcela com regador sendo

metade da dose no inverno e metade no verão, antes da semeadura. A aplicação foi em superfície, sem incorporação.

As Culturas de inverno, aveia preta e azevém, foram plantadas na superfície do solo tendo sido utilizado um espaçamento entre, filas de aproximadamente 17cm. A quantidade de semente utilizada para aveia preta foi baseada em 80 Kg de sementes por hectare, enquanto o de azevém foi 30 Kg por hectare, plantadas com maquinário utilizado para o plantio do trigo. Efetuou-se somente um corte para a aveia e dois cortes para o azevém, antes do período de floração, sendo retirada toda a planta, através de colhedeira de forragens, e levadas ao silo, para ser ensilada.

Os controles de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizados conforme as recomendações para cada safra, buscando evitar a influência destes fatores sobre a produtividade das culturas, de acordo com o recomendado pela Fundação ABC. Da mesma forma, a semeadura direta foi realizada conforme a recomendação para cada cultura (FUNDAÇÃO ABC).

A produção de matéria seca das culturas de inverno e verão e a secagem das plantas foram feitas conforme descritas a seguir: Para as culturas de inverno, coletou-se 2 pontos de 1 m<sup>2</sup> por parcela. Para cada ponto determinou-se o peso verde (fresco). Após a pesagem (peso verde) foi retirada uma porção do material verde (em torno de 500 g) que foi enviada para o laboratório para determinação da matéria seca. A matéria seca foi determinada colocando-se as amostras de solo em estufa por aproximadamente 72 horas na temperatura de 65°, ou até peso constante. Após esperar por alguns minutos até o material esfriar, pesou-se o material. Considerando a matéria seca e o material fresco obtido em cada ponto de 1 m<sup>2</sup>, calculou-se a matéria seca em kg ha<sup>-1</sup>. Para o resultado final por parcela, foi feita a média dos 2 pontos.

Para a cultura de verão: Coletou-se em cada parcela todas as plantas em 2 linhas de 4m = 6,4 m<sup>2</sup>. Determinou-se o peso fresco (verde) de todas as plantas. Foram separadas ao acaso 5 plantas as quais foram trituradas, e uma alíquota (em torno de 500g) deste material triturado, foi enviado ao laboratório para determinar a matéria seca, como descrito para as culturas de inverno.

### **1.3 Resultados e discussão**

#### **1.3.1 Produção de matéria seca das culturas de verão (milho e sorgo).**

O resultado de produtividade para a cultura do milho indica que as respostas à adubação variaram entre os anos, não havendo interação entre os tratamentos, sendo que as respostas às adubações orgânicas e minerais ocorreram de maneira isolada.

Para a produção de milho em 1998, Fig.2a, constata-se que não existe um ponto de máxima produção, mostrando que mesmo as doses mais elevadas de 90m<sup>3</sup> de esterco,

combinadas com 100% da adubação mineral não foram suficiente para se obter uma produtividade máxima de milho. No entanto, analisando a equação referente à superfície de resposta da Fig.2a para a produção de milho em 1998, verificamos que a dose ideal para adubação mineral é de 86,18% da dose recomendada para as culturas. Fixando esta porcentagem de adubo mineral, o aumento na produtividade do milho em função da adubação orgânica, passa a ser de forma linear, ou seja para cada  $m^3$  de esterco aplicado, teremos um aumento de 26,22 Kg de MS por  $ha^{-1}$ .

Similar ao observado no ano de 1998, a produção de milho no ano de 1999, também não atinge uma produção máxima. No entanto, embora a dose ideal para adubação mineral de 85,40% da dose recomendada para as culturas esteja muito próxima da encontrada no ano de 1998, segundo a equação da Fig.2b, a resposta à adubação orgânica foi maior que o ano de 1998. Em 1999 houve um acréscimo de 40,73 kg MS  $ha^{-1}$  por cada  $m^3$  de esterco aplicado, quando fixado a adubação mineral na sua dose ideal.

Diferente do que se observa para a produção de milho nos anos de 1998 e 1999 onde há um aumento na produção à medida que se aumenta a dose de esterco, no ano de 2001, o efeito da adubação orgânica foi menor. Desta forma verifica-se um aumento de produtividade à medida que se aumenta a adubação química, ou seja, os maiores aumentos na produtividade do milho no ano de 2001, foram devido à adubação química Fig.2c.

Houve interação entre os tratamentos com adubação com esterco líquido de gado de leite e adubação mineral para o milho de 2002 mostrados na Fig.2d. Havendo um aumento na produção de milho à medida que aumenta as doses combinadas de adubo orgânico e mineral. Contudo as doses trabalhadas neste experimento para a produção de milho de 2002, não foram suficientes para atingir uma produção máxima de milho.

Alguns autores, também encontraram resposta a adubação com esterco de gado de leite e fertilizante mineral na produção de milho, como Suttum et al., (1986). Estes autores, ao compararem as duas adubações, verificaram que o esterco de gado de leite proporcionou um rendimento superior a 1% em relação ao fertilizante químico na produção de milho. Já Konzen (2003b), trabalhando com esterco líquido de bovino leiteiro na produção de milho forragem, matéria seca e grãos, desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo, obteve resultado similar em todas as modalidades de adubação, tanto química como orgânicas.

Encontramos também outras experiências, com adubação orgânica demonstrando aumento na produção de matéria seca do milho como: Zebarth et al (1996), trabalhando com esterco de suíno, em solos do Canadá, Almeida (2000), Franchi (2001) e Port (2002), em um solo argissolo vermelho distrófico, com doses de esterco líquido de suínos de (0; 20; 40; 80  $m^3 ha^{-1}$ ). Almeida (2000), porém, encontrou aumento superior a 38% ao trabalho de Franchi (2001), na mesma área. Ernani et al (2000), trabalhando em um latossolo Bruno em

Lages-SC, após adubação de diferentes doses de  $P_2O_5$  e adubação com N, K e correção da acidez do solo com calcário dolomítico, encontraram diferença na produtividade de milho, aumentando linearmente conforme aumento na dose de adubo mineral nas quatro safras (1994 a 1998).

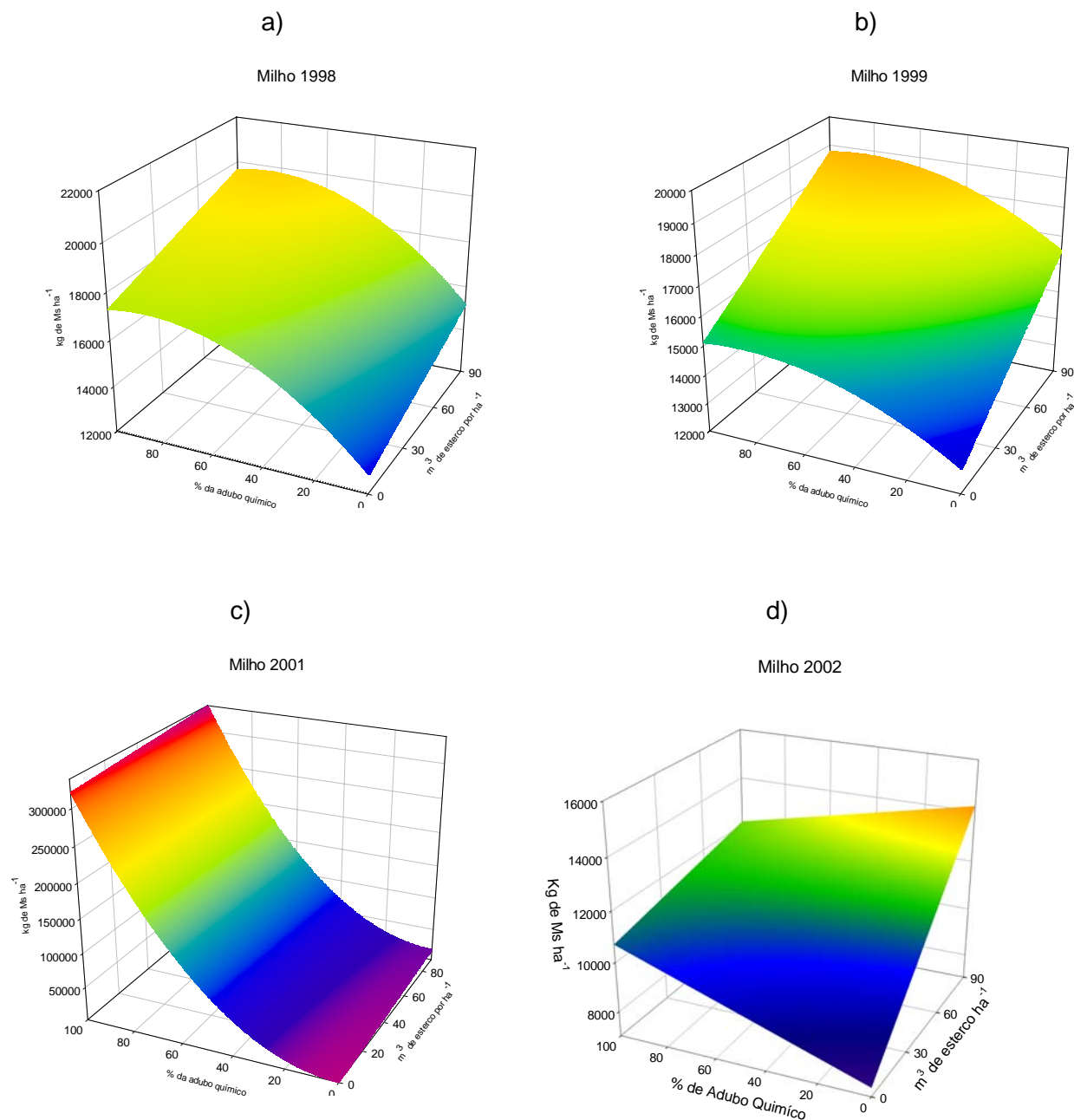


Figura 2 - Produção de matéria seca da parte aérea do milho para produção de silagem, mostrando superfície de resposta aos tratamentos com diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e adubação mineral a) **1998**:  $y = 12826.8 + 26.2258 \cdot \text{FatorA} + 106.833 \cdot \text{FatorB} - 0.619763 \cdot \text{FatorB}^2$ ;  $R^2=0,90$  b) **1999**:  $y = 12832.8 + 40.7316 \cdot \text{FatorA} + 55.0700 \cdot \text{FatorB} - 0.322408 \cdot \text{FatorB}^2$ ;  $R^2=0,85$  c) **2001**:  $y = 1467.24 + 186.156 \cdot \text{FatorA} - 1.456 \cdot \text{FatorB} + 31.9737 \cdot \text{FatorB}^2$ ;  $R^2=0,83$  d) **2002**:  $Y = 7355.617 + 76.189 \cdot \text{FATA} + 33.488 \cdot \text{FATB} - 0.603 \cdot \text{FATA} \cdot \text{FATB}$ ;  $R^2=0,46$ .

**OBS:** Fator A (Adubo Orgânico), Fator B (Adubo Mineral).



Para a cultura do sorgo em 1997, não houve efeito entre os tratamentos analisados neste experimento. Já para o sorgo cultivado no ano de 2000, ocorreu interação entre os tratamentos, com esterco líquido de gado de leite e adubação mineral. De acordo com a Fig.3, onde é visualizada uma superfície planar, ocorre aumento na produção de sorgo a medida que aumentam as doses de adubo orgânico e mineral. No entanto, da mesma forma que aconteceu para a cultura do milho, a produção do sorgo não atingiu sua produtividade máxima no ano de 2000. Mostrando que mesmo nas doses mais elevadas de 90m<sup>3</sup> de esterco, combinada com 100% da adubação mineral recomendada para as culturas, não foram suficientes para se obter uma produtividade máxima de sorgo.

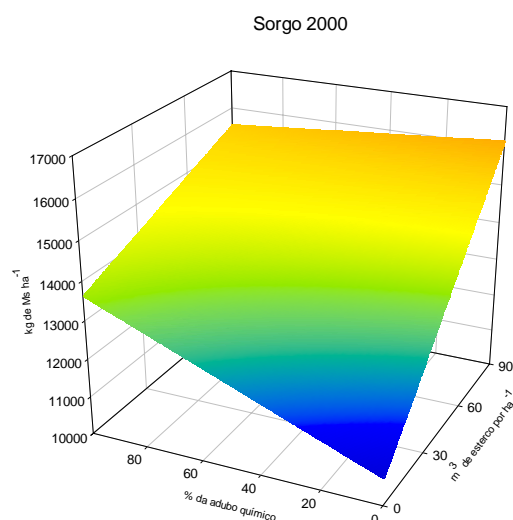


Figura 3 - Produção de matéria seca da parte aérea do sorgo para produção de silagem, mostrando superfície de resposta aos tratamentos com diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e adubação mineral, referente ao ano de 2000. Equação da superfície de resposta:  $Y = 10701.3 + 60.4605 \cdot \text{FatorA} + 29.2873 \cdot \text{FatorB} - 0.391109 \cdot \text{FatorA} \cdot \text{FatorB}$ ;  $R^2=0,81$ . **OBS:** Fator A (Adubo Orgânico), Fator B (Adubo Mineral).

Os resultados obtidos neste experimento para culturas de verão mostram que mesmo com a dose máxima de esterco e adubação mineral, não alcançou o ponto de máxima eficiência produtiva, quando se atinge uma produtividade limite pelo uso de uma determinada dose de adubação. Isto mostra que mesmo em solos de alta fertilidade, como neste experimento, há um esgotamento de nutrientes do solo, devido provavelmente, a retirada de toda planta para produção de silagem, sem que estas retornem ao solo.

### 1.3.2 Produção de matéria seca das culturas de inverno (Aveia preta comum e Azevém)

Para a cultura do azevém no ano de 1999, não houve interação entre os tratamentos analisados neste experimento (Fig. 2d). E fixando-se uma dose de adubo mineral, há um aumento linear na produção de milho a medida que se aumenta a dose de esterco.

Também como apresentado nas culturas de verão, o azevém do ano de 1999, não atingiu o ponto de máxima eficiência produtiva, mostrando mais uma vez que mesmo nas doses mais elevadas de adubo orgânico e mineral, a produção máxima de azevém não foi atingida, mostrando um esgotamento de nutrientes no solo à medida que se sucedem os cultivos.

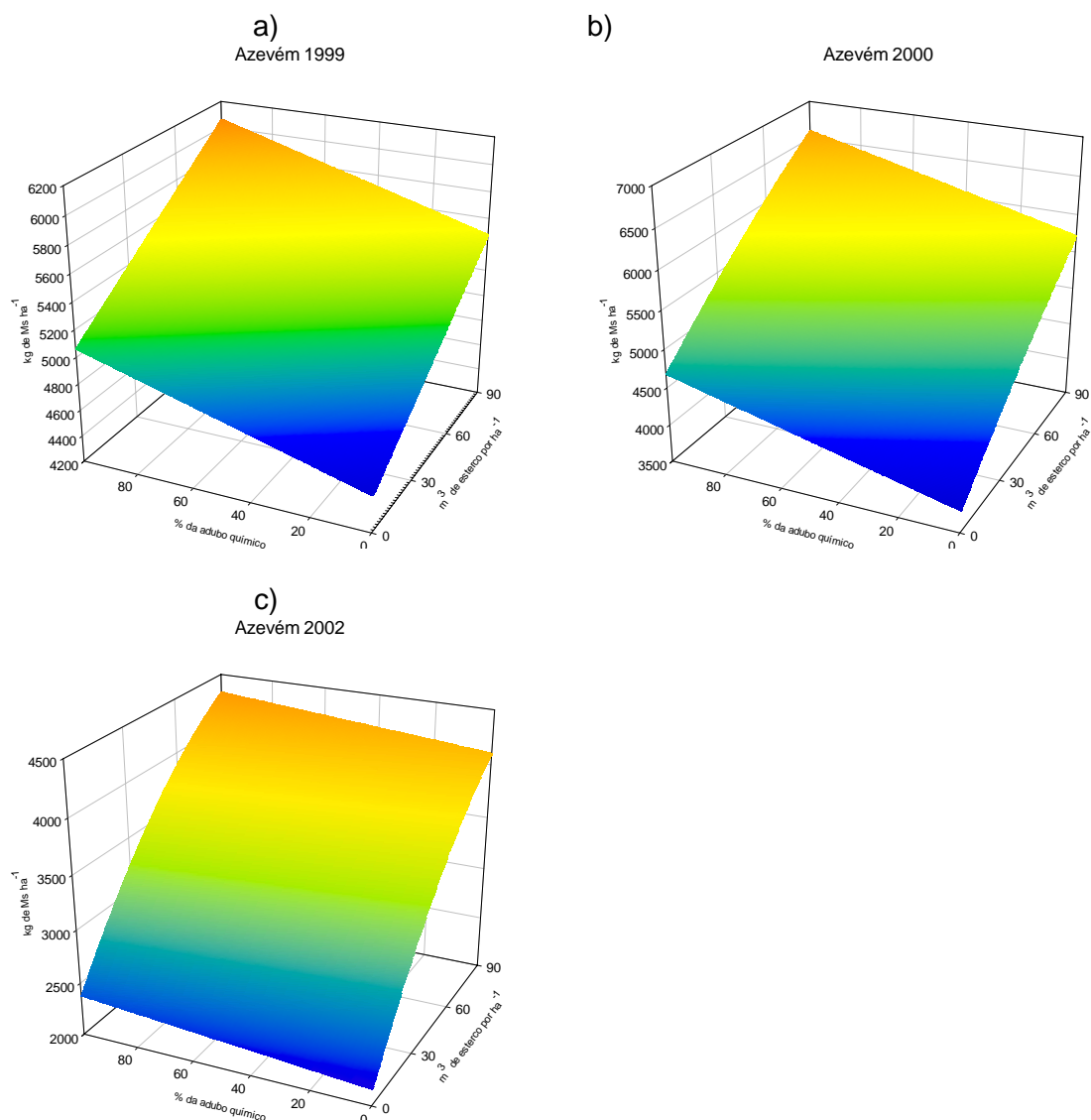


Figura 4 - Produção de matéria do azevém para produção de silagem, mostrando superfície de resposta aos tratamentos com diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e adubação mineral. a) **1999:**  $y = 4476.85 + 11.1185 \cdot \text{FatorA} + 5.87183 \cdot \text{FatorB}$ ;  $R^2=0,76$  b) **2000:**  $Y = 3791.95 + 25.0125 \cdot \text{FatorA} - 0.0400358 \cdot \text{FatorA}^2 + 8.9072 \cdot \text{FatorB}$ ;  $R^2=0,85$  c) **2002:**  $y = 2157.56 + 32.2132 \cdot \text{FATORA} - 0.117086 \cdot \text{FATORA}^2 + 2.23299 \cdot \text{FatorB}$ ;  $R^2=0,86$ . **OBS:** Fator A (Adubo Orgânico), Fator B (Adubo Mineral).

Analisando as Figuras 4b e 4c, para a produção de azevém, observa-se que à medida que se sucedem os cultivos do azevém, ocorre uma diminuição na resposta à adubação química. No ano de 2002, a resposta à adubação química não é significativa estatisticamente e embora, tenha havido resposta na adubação orgânica para a produção do azevém em 2002, em relação aos anos anteriores esta resposta foi menor. Esta queda

na produtividade do azevém sugere um provável esgotamento do solo por algum nutriente, no entanto, também não se pode descartar a possibilidade de uma possível interferência de um fator climático.

Para a aveia preta comum, não houve interação entre os tratamentos nos dois anos de cultivo, 1997 e 2001. No ano de 1997 não houve efeito na adubação orgânica, embora segundo a equação da superfície de resposta, Fig.5a, possa se determinar o ponto de maior eficiência produtiva, quanto ao uso do esterco, que foi de 19,85 m<sup>3</sup>. Fixando este valor ocorre um aumento linear na produção de aveia, à medida que se aumenta a dose de adubo químico.

A produção de aveia do ano de 2001, como mostra a superfície de resposta da Fig.5b há uma inversão do que ocorreu no ano de 1997. Em 2001 não houve efeito significativo para adubação química. Há uma resposta linear à adubação orgânica, quando a produção de aveia aumenta em 12 kg de matéria seca para cada m<sup>3</sup> de esterco aplicado a solo, ao fixarmos a dose de adubação química de maior eficiência produtiva de 38,3%.

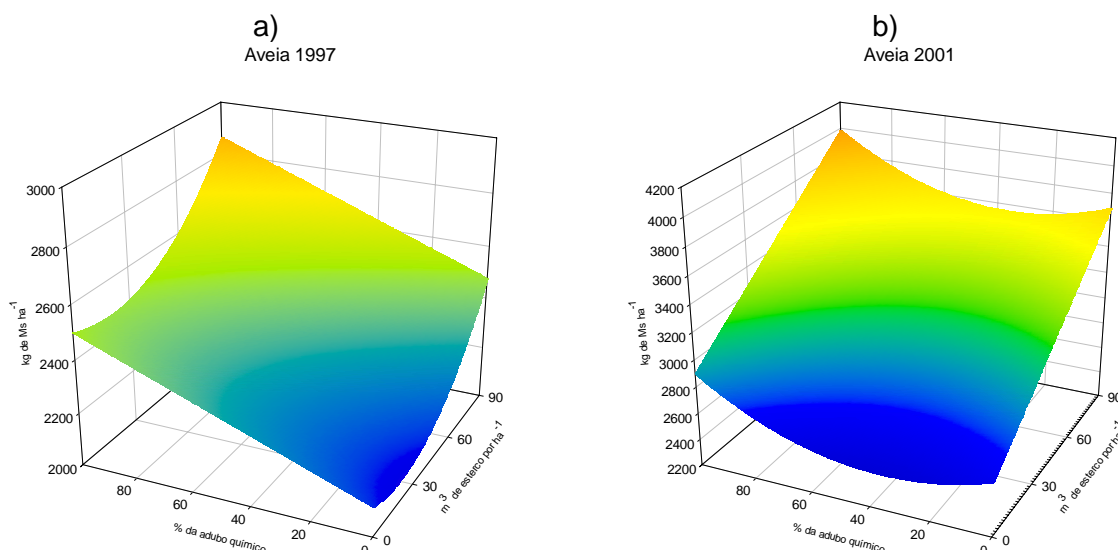


Figura 5 - Produção de matéria da aveia preta para produção de silagem, mostrando superfície de resposta aos tratamentos com diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e adubação mineral. a) **1997**:  $y = 2110.83 - 3.20817 \cdot \text{FatorA} + 0.0807901 \cdot \text{FatorA}^2 + 3.89118 \cdot \text{FatorB} + 0.01 \cdot \text{FatorB}^2$ ;  $R^2=0,72$  b) **2001**:  $y = 2600.94 + 12.0939 \cdot \text{FatorA} - 7.66208 \cdot \text{FatorB} + 0.106412 \cdot \text{FatorB}^2$ ;  $R^2=0,62$ ; **OBS**: Fator A (Adubo Orgânico), Fator B (Adubo Mineral).

Existem diversos trabalhos que relatam o efeito da adubação orgânica na produtividade da aveia preta. Franchi (2001) trabalhando com esterco de suíno encontrou um aumento de produtividade para aveia na área sem adubação de 2.13 t.ha<sup>-1</sup> passando para 6.8 t.ha<sup>-1</sup>, após adubação com 80 m<sup>3</sup> de esterco de suíno. Para Port (2002) este aumento na produtividade da aveia chegou a 109% na dose máxima de esterco de suíno.

Embora tenha sido visualizado aumento na produção de aveia preta comum, este aumento foi inferior aos encontrados no trabalho dos autores citados acima. Possivelmente a diferença na resposta, à adubação orgânica e química, seja devido à alta fertilidade dos

solos analisados neste experimento, tendo níveis baixos de  $Al^{+++}$  tóxico, horizonte A profundo, com teor de matéria orgânica, variando de alto a médio. Da mesma forma que o teor de carbono, encontrado ao longo do perfil do solo, proporcionando que este solo tenha uma alta capacidade de armazenar água e maior capacidade de troca catiônica (CTC).

Comparativamente ao azevém, a aveia preta apresentou menor resposta à adubação de esterco líquido de gado de leite. A cultura da aveia mostrou-se mais sensível ao efeito do acamamento, sendo esta uma das prováveis razões que dos produtores da região utilizarem azevém como principal cultura de inverno na produção de silagem.

### 1.3 Conclusões

Houve efeito de maneira positiva aos tratamentos com esterco líquido de gado de leite e adubação mineral, para a cultura do milho, embora as respostas só foram observadas quando avaliada isoladamente, não havendo interação entre os tratamentos.

Para o sorgo, nos dois anos de plantio as respostas aos tratamentos só foram visualizadas no ano de 2000, havendo neste ano, interação entre os tratamentos com esterco líquido de gado de leite e adubação mineral.

Para o azevém, observou-se efeito aos tratamentos de maneira positiva, e do mesmo modo que a cultura do milho os efeitos na produção só foram observados quando avaliado de maneira isolada para adubação com esterco líquido de gado de leite e adubação mineral, no entanto os aumentos na produção diminuíram à medida que se sucederam os cultivos.

A aveia preta (comum), teve sua produtividade aumentada quando da aplicação de esterco líquido de gado de leite e adubação mineral, também quando avaliada de forma isolada, porém as respostas à adubação com esterco líquido foi menor que a do azevém.

A produtividade máxima das culturas de verão e inverno não foi atingida, mostrando que mesmo nas doses mais elevadas de esterco e adubo mineral, não foram suficientes para se atingir uma produtividade máxima.

### 1.4 Referências bibliográficas

ALMEIDA, A. C. R. **Uso associado de esterco líquido de suínos e plantas de cobertura de solo na cultura do milho**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 144p Dissertação de Mestrado, 2000.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B. & MAI, M. E. M. **Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema de plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:163-171, 2002.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L; CAMPOS, M.L.; CAMILLO, R.J. **Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24:537-544, 2000.

FRANCHI, E. A. G. **Dinâmica do nitrogênio no solo e produtividade de milho, aveia e ervilhaca com o uso de dejetos de suínos em sistema de plantio direto.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. Dissertação Mestrado, 2001.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves.** In: **V Seminário técnico da cultura do milho.** Informe Técnico. Videira: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003(a). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/circul31.pdf>> Acessado em: outubro/2004.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com esterco líquido de gado de leite** In: **V Seminário técnico da cultura do milho.** Informe Técnico. Videira: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003(b). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/circul31.pdf>> Acessado em: outubro/2004.

MOTTA, A.C.V. **Soil management impact soil quality in the Tennessee Valley of northern Alabama.** Auburn, Auburn University, 153p 2002.

MUZILLI, O. **O plantio direto com alternativa no manejo e conservação do solo.** IN: **Curso básico para instrutores em manejo e conservação do solo.** Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, 20p 1991.

PORT, O. **Uso de dejetos de suínos em sistema plantio direto: volatilização de amônia, N mineral no solo, fornecimento de nutrientes e produtividade de plantas de cobertura e de milho.** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. Dissertação mestrado, 109p dissertação de mestrado, 2002.

PHILLIPS, S.H. **Introduction to no-tillage.** IN: **PHILLIPS, R.E. e PHILLIPS . S.H. (eds.). No-tillage Agriculture-Principles and practices.** Wan Nostrand Reinhold Company Inc., New York, 1984, p 1- 9.

SCHERER, E. E. **Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante.** Chapecó – SC: Cepaf/Epagri, 2000.

SUTTUN, A.L.; NELSON, D.W.; KELLY, D.T.; HILL, D.L. **Comparison of Solid Vs Liquid Dairy Manure Application on Corn Yield an Soil Composition.** Journal of Environmental Quality. 15:370-374, 1986.

ZEBART, B.J.; PAUL, J.W.; SCHMIDT, O.; MCDOUGALL. **Influence of the time and rate of liquid-manure application on yield and nitrogen utilization of silage com in south coastal British Columbia.** Canadian Journal of Soil Science. 528: 153-164. 1996.

## **CAPÍTULO II – ESTERCO LÍQUIDO DE GADO DE LEITE E ADUBAÇÃO MINERAL, INFLUENCIANDO NOS PARÂMETROS DE ACIDEZ DE UM LATOSSOLO BRUNO, SITUADO NO MUNICÍPIO DE CASTROLANDA – PARANÁ.**

### **2.1 Introdução**

A elevada acidez do solo constitui um dos principais fatores, que limita a produtividade de um sistema agrícola, influenciando direta e indiretamente as reações

químicas e atividade biológica dos solos. A acidificação do solo ocorre freqüentemente pelo processo de nitrificação de formas amoniacais ou amídica de adubos minerais e orgânicos. A liberação do íon hidrogênio no processo de formação do nitrato acidifica a camada superficial do solo no caso de plantio direto, ou a camada arável quando incorporado (Follett et al., 1988; McVay et al., 1989; Ismail et al., 1994; Fox et al., 1981; Juo et al., 1995). Além disso, solos cultivados podem ter um aumento da acidez, em consequência do processo de erosão, extração de cátions básicos pelas culturas, e lixiviação de bases, que por meio da participação de ânions atuam como carreadores dos cátions (Raij, 1991).

Condição muito ácida faz com que formas estáveis de  $Al^{+3}$  sejam solubilizadas proporcionando o surgimento de  $Al^{+3}$  em formas trocáveis, ficando dissociada na solução do solo, podendo se encontrar em concentrações que excedem a capacidade de tolerância das culturas (Franchini et al., 1999). O excesso de  $Al^{+3}$  manifesta-se principalmente, pela redução no crescimento das raízes (Ernani & Barber, 1991; Miyazawa et al., 1992; Rheinheimer et al., 1994) diminuição da absorção de nutrientes pela planta (Barber & Chen, 1990; Ernani & Barber, 1991) e da translocação dos nutrientes (Rheinheimer et al., 1994; Braccini et al., 1998), além de diminuir a absorção de água (Ernani et al., 2000). Contudo, a medida em que se diminui a acidez do solo, o  $Al^{+3}$  precipita-se na forma de  $Al(OH)_3$ , ficando indisponível para as plantas (Raij, 1991).

A maneira mais comumente utilizada para diminuir a acidez do solo é o uso de calcário, contudo, alguns trabalhos têm demonstrado aumento no pH, com a utilização de resíduos orgânicos de animais. Vitosh et al. (1973) utilizando esterco de gado constataram acréscimos no pH quando da aplicação de esterco por um período de nove anos sob condição de campo. Whalen et al. (2000) trabalhando sob condição controlada também constataram aumento do pH do solo com a aplicação de esterco. Ainda Hoyt & Turner (1975) e Hue & Amien (1989) reportam que a adição de resíduos vegetais e orgânicos pode diminuir a acidez do solo.

De acordo com Whalen et al., (2000), os carbonatos e ácidos orgânicos presentes no esterco são os responsáveis pela elevação do pH. A alteração do pH, pela aplicação de resíduos orgânicos, segundo Raij (1991), pode estar correlacionado com: a) o alto poder tampão do material orgânico; b) uma possível neutralização do alumínio, sendo este complexado como hidróxido de alumínio; c) efeito da saturação de bases, estimulando a manutenção ou a formação de certas bases permutáveis como cálcio, magnésio, potássio e sódio, contribuindo para redução da acidez e aumento da alcalinidade; d) uma relação positiva com a capacidade de troca catiônica.

Embora com menor freqüência a não alteração do pH (Schjonning et al., 1994), ou mesmo acidificação (King et al., 1974; Chang et al., 1990 e 1991) foi constatada após a aplicação de esterco orgânico.

O excesso de íon  $H^+$  e ânion  $NO_3^-$  na solução do solo faz com que haja lixiviação de bases no solo como  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  e  $K^+$  (Grove, 1986), aumentando os teores destes elementos em profundidade. A adição de resíduos orgânicos na forma de restos de culturas ou esterco de animais tem propiciado em diversas condições maior movimentação de cátions em profundidade.

A perda de bases para as camadas mais profundas pode em alguns casos favorecer o desenvolvimento radicular das plantas (Stone & Silveira., 2001), permitindo uma maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo (Pavan., 1999), tendo como consequência maior resistência a condições climáticas adversas, e melhor aproveitamento dos nutrientes.

O objetivo foi avaliar a influência do esterco líquido de gado de leite combinado com adubação mineral de longo prazo (seis anos), nos parâmetros de acidez e bases do solo em sistema de plantio direto.

## **2.2 Material e métodos**

No item material e métodos geral foram abordados as principais características de clima, solo, localização do experimento, características inerentes ao esterco líquido de gado de leite e adubação de base, rotação de cultura e o delineamento experimental.

Para determinação do pH ( $CaCl_2$ ) 1:2,5 (solo/solução), foi utilizado solução salina de  $CaCl_2$  a 0,01 mol/L, introduzido por Schofield e Taylor (1955), Para determinação da acidez potencial ( $H+Al$ ), utilizamos o método da solução tamponada SMP, adaptada por Quaggio et al, (1985).

Para determinação do  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$ , usamos a absorção atômica, utilizada por Marques e Motta, 2003.

## **2.3 Resultados e discussão**

### **Efeito sobre o pH ( $CaCl_2$ ), acidez potencial ( $H^+ + Al^{+3}$ ), $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ trocável e V%**

Os resultados obtidos indicaram não haver interação entre adubação orgânica e adubação mineral sobre o pH em nenhuma profundidade avaliada. De modo geral o pH ficou acima do encontrado na condição natural de mata, onde foi encontrado pH variando de 4,1 a 4,4 sugerindo que o uso de corretivo aplicado na superfície tenha sido eficiente na manutenção do pH em profundidade sob plantio direto, como fora observado por Oliveira & Pavan (1996).

O efeito da adubação orgânica sobre o pH ocorreu na camada superficial de 0-5 cm e na profundidade de 30-50 cm (Tabela 2.1) O incremento no valor do pH na camada superficial foi afetado, pela dose aplicada com maior valor, comparado com a dose de 30 e

60m<sup>3</sup>, sendo esta dose diferente da testemunha onde não foi aplicado esterco líquido de gado de leite. Já, na profundidade de 30-50cm as diferenças no pH foi superior nos tratamentos que receberam esterco líquido, em relação à testemunha (Tabela 2.1). Por razões que não podemos esclarecer, obteve-se ausência de resposta nas duas camadas analisadas que ficam entre 5 a 30 cm. Todavia, nesta camada existe, em geral, um aumento da resistência à penetração indicando uma provável diminuição na porosidade do solo (Motta, 2002). Assim, é possível que com o auxílio dos canais preferenciais comum em áreas de plantio direto, parte dos produtos responsáveis pelo acréscimo do pH sejam transportados diretamente da superfície para as camadas mais profundas.

Acréscimo de pH com uso de esterco de bovino tem sido relatado sob condição controlada (Olsen et al., 1970; Iyamuremye et al., 1996; Whale et al., 2000) e de campo (Vistosh et al., 1973). Ainda, Josan et al. (2005) constatou maiores valores de pH em áreas em atividade de gado de leite do que em áreas abandonadas, indicando um possível efeito do esterco sobre o pH do solo. O uso de esterco de frango também proporcionou acréscimo do pH solo arenoso até a camada de 60 cm, após aplicações continua por mais de 15 anos (Kingery et al., 1994).

No entanto, King et al., (1974) não encontraram efeito na adição de esterco de aves, em relação ao pH até uma profundidade de 15 cm, havendo um decréscimo do pH na profundidade de 15-30 cm. Ainda, decréscimo até 60 cm de profundidade foi observado por Chang et al., (1991) após 11 anos de doses crescentes de esterco de gado de corte. Também, Ernani et al., (1983), trabalhando em casa de vegetação com esterco de aves e gado de leite não perceberam alteração do pH, nos diversos tratamentos analisados, percebendo uma diminuição do alumínio trocável no solo, com o aumento do material orgânico aplicado.

Já para adubação mineral (Tabela 2.2) observa-se um pequeno decréscimo no valor do pH, nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm, após se adicionar 100% da dose recomendada para a cultura, em relação aos outros tratamentos. Estes resultados estão de acordo com a maioria dos resultados existentes na literatura, quanto ao uso de fertilizantes minerais, pois existe uma tendência, de haver uma diminuição dos valores de pH, devido ao efeito ácido da nitrificação do amônio, estando restritas aos primeiros centímetros da camada superficial. No entanto, tal resultado não era esperado visto que o solo recebeu a aplicação de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário em superfície. Ainda, segundo a Tabela 2.2, na profundidade de 50-80 cm, pode-se observar um aumento do pH, em relação a dose de 50% da adubação mineral em relação a testemunha, contudo não temos como justificar tal aumento.

Da mesma forma que o pH, não houve interação entre adubação com esterco líquido e adubação mineral sobre a acidez potencial ( $H^+ + Al^{+3}$ ). No entanto, como era esperada, a



acidez potencial ( $H^+ + Al^{+3}$ ) teve comportamento inverso ao pH, na profundidade de 0-5cm (Tabela 2.1) observando-se uma redução da acidez potencial pelo uso de esterco. Todavia, a elevação do pH na camada de 30 a 50 cm pela adição de esterco não proporcionou decréscimo na acidez potencial de modo significativo. Os resultados aqui obtidos corroboram com Hoyt & Turner (1975), Holanda et al. (1982), Hue et al. (1992) e Iyamuremye et al. (1996), que também observaram um decréscimo na acidez potencial, trabalhando com esterco de animal.

Tabela 2.1 - Valores encontrados de pH  $CaCl_2$ , acidez potencial ( $H^+ + Al^{+3}$ ),  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  Trocável em sistema de plantio direto submetido a diferentes doses de esterco líquido de gado leite, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro -PR.

Prof. (cm)	pH				(H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> )			
	Dose de esterco (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )							
	0	30	60	90	0	30	60	90
(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
0 – 5	4.97 <sup>c</sup>	5.18 <sup>b</sup>	5.20 <sup>b</sup>	5.41 <sup>a</sup>	5.78 <sup>a</sup>	5.14 <sup>b</sup>	4.98 <sup>b</sup>	4.71 <sup>b</sup>
5 – 10	5.15 <sup>a</sup>	5.23 <sup>a</sup>	5.16 <sup>a</sup>	5.33 <sup>a</sup>	4.34 <sup>a</sup>	4.15 <sup>a</sup>	4.36 <sup>a</sup>	3.92 <sup>a</sup>
10 – 30	5.25 <sup>a</sup>	5.20 <sup>a</sup>	5.20 <sup>a</sup>	5.24 <sup>a</sup>	4.84 <sup>a</sup>	4.81 <sup>a</sup>	4.97 <sup>a</sup>	4.72 <sup>a</sup>
30 – 50	4.94 <sup>b</sup>	5.22 <sup>a</sup>	5.17 <sup>a</sup>	5.18 <sup>a</sup>	5.40 <sup>a</sup>	4.70 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	4.48 <sup>a</sup>
50 – 80	4.93 <sup>a</sup>	4.90 <sup>a</sup>	4.94 <sup>a</sup>	4.93 <sup>a</sup>	5.13 <sup>a</sup>	5.17 <sup>a</sup>	5.05 <sup>a</sup>	5.31 <sup>a</sup>
Ca <sup>++</sup>					Mg <sup>++</sup>			
(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			
0 – 5	3.13 <sup>b</sup>	3.55 <sup>ab</sup>	3.77 <sup>ab</sup>	4.24 <sup>a</sup>	2.07 <sup>b</sup>	2.47 <sup>ab</sup>	2.52 <sup>ab</sup>	2.89 <sup>a</sup>
5 – 10	3.20 <sup>a</sup>	3.10 <sup>a</sup>	3.10 <sup>a</sup>	3.33 <sup>a</sup>	1.32 <sup>c</sup>	1.56 <sup>b</sup>	1.76 <sup>a</sup>	1.93 <sup>a</sup>
10 – 30	3.20 <sup>a</sup>	3.23 <sup>a</sup>	3.27 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	1.25 <sup>c</sup>	1.43 <sup>b</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.68 <sup>a</sup>
30 – 50	2.43 <sup>a</sup>	2.63 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>	2.46 <sup>a</sup>	1.19 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>
50 – 80	1.56 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	1.76 <sup>a</sup>	1.70 <sup>a</sup>	1.09 <sup>a</sup>	1.03 <sup>a</sup>	1.18 <sup>a</sup>	1.17 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

Tabela 2.2 - Valores encontrados de pH( $CaCl_2$ ), acidez potencial ( $H^+ + Al^{+3}$ ), em sistema de plantio direto submetido a diferentes doses de adubação mineral, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro -PR.

Dose de adubação mineral						
Prof. (cm)	0	50	100	0	50	100
(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			
0 – 5	5.24 <sup>a</sup>	5.25 <sup>a</sup>	5.08 <sup>b</sup>	5.08 <sup>a</sup>	5.05 <sup>a</sup>	5.33 <sup>a</sup>
5 – 10	5.29 <sup>a</sup>	5.25 <sup>a</sup>	5.11 <sup>b</sup>	3.93 <sup>b</sup>	4.07 <sup>b</sup>	4.58 <sup>a</sup>
10 – 30	5.20 <sup>a</sup>	5.29 <sup>a</sup>	5.17 <sup>a</sup>	4.81 <sup>a</sup>	4.59 <sup>a</sup>	5.10 <sup>a</sup>
30 – 50	5.08 <sup>a</sup>	5.14 <sup>a</sup>	5.17 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	4.74 <sup>a</sup>	4.81 <sup>a</sup>
50 – 80	4.83 <sup>b</sup>	5.04 <sup>a</sup>	4.90 <sup>ab</sup>	5.41 <sup>a</sup>	4.99 <sup>a</sup>	5.10 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

Não foi possível verificar o efeito do esterco sobre a acidez trocável ( $\text{Al}^{+3}$  trocável) devido aos níveis de pH deste solo ser elevado. Nesta faixa de pH o  $\text{Al}^{+3}$  se encontra precipitado na forma de hidróxido de alumínio  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (Raij, 1991). Contudo, Ernani et al., (1983) mostraram ser possível diminuir os valores de  $\text{Al}^{+3}$  linearmente com o uso de diferentes taxas de esterco de gado de leite.

Analisando a Tabela 2.2 observa-se que na profundidade de 5-10 cm há um aumento na acidez potencial após adição de 100% da dose de adubação mineral recomendada. Nas demais profundidades, não houve efeito da adubação mineral, no que se refere à acidez potencial.

Embora tenha ocorrido decréscimo do pH na camada de 0-5 cm, não se constatou efeito da adubação de base na acidez potencial. Isto provavelmente ocorreu devido às características tamponantes da matéria orgânica e adição de calcário em superfície. Os altos teores de matéria orgânica, encontrados neste solo fazem com que este tenha um elevado poder tampão, não favorecendo o efeito dos diferentes tratamentos no que se refere à acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ ).

Para o  $\text{Ca}^{+2}$  trocável, os resultados mostraram não haver efeito significativo para a adubação mineral de forma isolada, em nenhum dos tratamentos analisados, nas cinco profundidades estudadas neste experimento. O efeito isolado do esterco líquido de gado de leite ficou restrito a profundidade de 0-5 cm (Tabela 2.1), sendo o maior valor encontrado na dose de  $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em relação à testemunha.

Houve interação entre os tratamentos com esterco líquido de gado de leite e adubação mineral apenas na profundidade de 10-30 cm, (Tabela 2.3). Observa-se que na ausência de esterco, a aplicação de 50 % da adubação mineral propiciou decréscimo no teor de  $\text{Ca}^{+2}$ , comparativamente ao que recebeu 100 %. Já quando se aplicou esterco, a adubação mineral de 50 % foi maior que a dose de 0 ou 100 %. Logo, houve diminuição dos valores de  $\text{Ca}^{+2}$  à medida que se aumentou a dose de esterco líquido de gado de leite e de adubação mineral.

Tabela 2.3 - Valores encontrados de cálcio na profundidade de 10-30cm, tendo sido observado interação entre os tratamentos, submetido a diferentes doses de adubação mineral combinado com esterco líquido de gado de leite, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.

Adubo Orgânico $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	Dose de Adubo Químico		
	0%	50%	100%
$\text{Ca}^{+2} \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$			
0	3.30 <sup>ab</sup>	2.83 <sup>b</sup>	3.53 <sup>a</sup>
30	3.02 <sup>b</sup>	3.57 <sup>a</sup>	3.28 <sup>ab</sup>
60	3.49 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	3.13 <sup>a</sup>
90	3.43 <sup>ab</sup>	3.67 <sup>a</sup>	2.97 <sup>b</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

Quanto ao  $Mg^{+2}$  não se constatou interação entre os tratamentos em nenhuma das profundidades analisadas. No entanto, observaram-se diferenças significativas da adubação de forma isolada com esterco líquido de gado de leite até os 30 cm de profundidade (Tabela 2.1). Já a adubação mineral proporcionou alterações no teor de  $Mg^{+2}$  abaixo de 30 cm. A alteração do  $Mg^{+2}$  em maior profundidade que o  $Ca^{+2}$  provavelmente esteja ligado a uma maior mobilidade deste elemento no solo, devido à menor força de adsorção, como relatado por Loyola & Pavan (1989). É interessante observar que a quantidade de  $Ca^{+2}$  adicionado ao solo via esterco foi aproximadamente o dobro em relação à de  $Mg^{+2}$ .

Corroborando com os resultados aqui obtidos, acréscimos de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  trocável sob condição controlada (Olsen et al., 1970 e Whalen et al., 2000) e campo (Vitosh et al., 1973; Warman 1987; Chang et al., 1991; Josan et al., 2005) foram observados em diferentes solos com esterco de gado. Todavia, o efeito do uso de esterco a longo prazo tem afetado camadas de solo mais profundas que o observado em nosso experimento (Chang et al., 1990 e 1991). Chang et al. (1991), após 11 anos de aplicação de esterco de gado de corte, constatou aumento do teor de  $Ca^{2+}+Mg^{2+}$  solúvel. Os maiores teores destes elementos foram obtidos entre 30-60 e 60-90 cm de profundidade para a condição sem e com irrigação, indicando uma grande mobilidade.

Ainda, Kingery et al. (1994) após trabalhar com esterco de aves em solos arenosos, encontraram aumento dos teores de  $Ca^{+2}$  até uma profundidade de 140 cm, mostrando a mobilidade do  $Ca^{+2}$  no perfil do solo. No mesmo trabalho constatou-se incremento nos níveis de  $Mg^{+2}$  até uma profundidade de 290 cm, sendo o efeito mais pronunciado nos primeiros 15 cm de profundidade, confirmando assim a maior mobilidade do  $Mg^{+2}$  em relação ao  $Ca^{+2}$ . Estes acréscimos nos teores de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$ , também foram verificados por Franchini et al. (1999) trabalhando com resíduos vegetais e Anjos et al. (2000) trabalhando com lodo de esgoto.

Contrariando os resultados obtidos neste experimento, King et al. (1974) verificaram que os níveis de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  diminuiram na superfície do solo após a adição de esterco de aves, sendo justificado pelo incremento nos níveis de potássio o qual compete com o  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  na superfície do solo.

A existência de resultados tão contraditórios indica a importância de uma avaliação nos fatores envolvidos na mobilidade, tais como: dose e teor de  $Ca^{+2}$  adicionado, textura do solo, CTC, fatores do solo ligado à movimentação de água (porosidade, abundância de canais preferenciais), balanço hídrico, abundância de ácidos orgânicos e ânions, absorção pelas plantas e adubação com N (dose e fonte). O histórico da área provavelmente tenha importância nos resultados obtidos devido ao longo período sob plantio direto e adubação orgânica. Comparativamente ao solo original, o teor de  $Ca^{+2}$  em profundidade foi muito

maior que a vegetação natural. Tal fato indica que a mobilidade de bases causada pelo manejo proporcionou um grande teor deste elemento em profundidade, dificultando a obtenção de diferenças.

Provavelmente tenha ocorrido neste experimento um incremento nos teores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  devido à elevação do pH, e a tendência de esgotamento do íon  $\text{K}^+$  fazendo com que não haja competição com o  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ . A mobilidade do  $\text{Ca}^{+2}$  no perfil do solo é verificada de forma significativa na profundidade de 10-30cm, quando se combina adubação química com esterco líquido de gado de leite. Para o  $\text{Mg}^{+2}$  esta mobilidade fica evidente ao se analisar a Tabela 2.4, onde as diferenças para a adubação de base são verificadas abaixo da profundidade de 30cm.

A mobilidade do  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ , em profundidade favorecem o desenvolvimento radicular das plantas (Stone & Silveira, 2001), permitindo uma maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo (Pavan, 1999), tendo como consequência maior resistência a condições climáticas adversas, e melhor aproveitamento dos nutrientes.

Tabela 2.4 - Valores encontrados de  $\text{Mg}^{+2}$ , em sistema de plantio direto, submetido a diferentes doses de adubação mineral, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.

Profundidade (cm)	% da dose recomendada		
	0	50	100
	$\text{Mg}^{+2} \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
0 – 5	2.44 <sup>a</sup>	2.59 <sup>a</sup>	2.42 <sup>a</sup>
5 – 10	1.68 <sup>a</sup>	1.70 <sup>a</sup>	1.55 <sup>a</sup>
10 – 30	1.39 <sup>a</sup>	1.53 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>
30 – 50	1.15 <sup>b</sup>	1.47 <sup>a</sup>	1.25 <sup>ab</sup>
50 – 80	0.96 <sup>b</sup>	1.31 <sup>a</sup>	1.08 <sup>ab</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

Tabela 2.5 - Valores encontrados de V %, em sistema de plantio direto, submetido a diferentes doses de esterco líquido de gado de leite, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.

Profundidade (cm)	Dose de esterco ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}$ )			
	0	30	60	90
	V %			
0 – 5	46.3 <sup>c</sup>	54.1 <sup>b</sup>	56.4 <sup>b</sup>	60.9 <sup>a</sup>
5 – 10	48.6 <sup>c</sup>	52.8 <sup>b</sup>	52.4 <sup>bc</sup>	57.4 <sup>a</sup>
10 – 30	47.6 <sup>a</sup>	49.3 <sup>a</sup>	48.3 <sup>a</sup>	51.9 <sup>a</sup>
30 – 50	40.2 <sup>a</sup>	45.6 <sup>a</sup>	45.3 <sup>a</sup>	45.6 <sup>a</sup>
50 – 80	33.8 <sup>a</sup>	33.8 <sup>a</sup>	36.9 <sup>a</sup>	35.1 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância.

A saturação de base foi afetada apenas pelo efeito simples do esterco líquido de gado de leite nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm (Tabela 2.5), confirmando o efeito concentrado sobre as camadas superficiais. Contrário ao observado em nosso experimento

Schjonning et al. (1994) constatou diminuição da saturação de base dado ao uso de esterco em função do acréscimo na acidez potencial, na camada de 0-20 cm. Contudo, camada inferior não foi afetada pelo uso de esterco.

## 2.4 Conclusões

1. Houve efeito da adubação orgânica com diminuição do pH na profundidade de 0-5 cm e de 30-50 cm e da acidez potencial na profundidade de 0-5 cm.

2. Observou-se um incremento de  $\text{Ca}^{+2}$  trocável com a adição de  $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ano de esterco líquido de gado de leite na profundidade de 0-5 cm. Verificou-se também a interação entre os tratamentos na profundidade de 10-30 cm mostrando a capacidade deste elemento em se movimentar no perfil do solo.

3. Quanto ao  $\text{Mg}^{+2}$  houve alteração nos seus teores até a profundidade de 30 cm nos tratamentos com esterco líquido de gado de leite, contudo nos tratamentos com adubação mineral estas diferenças só foram observadas nas profundidades abaixo de 30 cm.

## 2.5 Referências bibliográficas

ANJOS, A.R.M.; MATTIAZZO, M.E. **Lixiviação de íons inorgânicos em solos repetidamente tratados com biossólido**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24:927-938. 2000.

BARBER, S.A.; CHEN, J. **Using a mechanistic model to evaluate the effect of soil pH on phosphate uptake**. Plant Soil, 81:143-146, 1990.

BRACCINI, M.C.L.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; CAMPAIO, N.F.; PEREIRA, A.A. **Tolerância de genótipos de cafeeiro ao alumínio em solução nutritiva. II. Teores de P, Ca, e Al e eficiência ao P e Ca**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22:443-450, 1998.

CHANG, C.; SOMMERFELDT, T. G.; ENTZ, T. **Rates of soil chemical changes with eleven annual applications of cattle feedlot manure**. Communications Journal Soil Science. 270: 673-681, 1990.

CHANG, C.; SOMMERFELDT, T. G.; ENTZ, T. **Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure**. Journal Environmental Quality. 20: 475-480, 1991.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p. 1999.

ERNANI, P.R.; GIANELLO. **Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 7:161-165, 1983.

ERNANI, P.R.; BARBER, S.A. **Corn growth and changes of soil and root parameters as affected by phosphate fertilizers and liming**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 26:1309-1314, 1991.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L; CAMPOS, M.L.; CAMILLO, R.J. **Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24:537-544, 2000.

FOLLETT, R. F.; G. A. PETERSON.. **Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems.** Soil Science Society of America J 52:141-147. 1988.

FOX, R. H.; L. D. HOFFMAN. **The effect of N fertilizer source on grain yield, N uptake, soil pH, and lime requirement in no-till corn.** Agronomy Journal 73:891-895. 1981.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. **Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo 23:533-542, 1999.

FUNDAÇÃO ABC. **Assistência e divulgação técnica agropecuária.** Rodovia PR 151- km 155,5 Castro-PR.

GROVE, J. H. **The development and control of surface soil acidity under conservation tillage.** Journal of Fertilizer Issues 3 (2):52-61. 1986.

HOLANDA, J.S.; MIELNICZUK, J.; STAMMEL, J.G. **Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüência de culturas em solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo 6: 47-51. 1982.

HOYT, P.B.; TURNER, R.C. **Effects of organic materials added to very acid soils, on pH, aluminum, exchangeable  $\text{NH}_4$ , and crop yield.** Soil Science 119:227-237, 1975.

HUE, N.V.; AMIEN, I. **Aluminum detoxification with green manures.** Communications Soil Science Plant Anal. 20:1499-1511. 1989.

HUE, N.V. **Correcting soil acidity of highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge.** Communications Soil Science Plant Anal. 23:241-264, 1992.

ISMAIL, I.; R. L. BLEVINS.; FRYE, W. W. **Long-term no -tillage effects on soil properties and continuous corn yields.** Soil Science Society of America Journal 58:193-198. 1994.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R. P. BAHAM, J. **Organic amendments and phosphorus dynamics: I. Phosphorus chemistry and sorption.** Soil Science, 161: 426-435, 1996.

JOSAN, M. S.; NAIR, V. D.; HARRIS, W. G.; HERRERA, D. **Associated release of magnesium and phosphorus from active and abandoned dairy soils.** Journal Environmental Quality 34: 184-191, 2005.

JUO, A. S. R.; A. DABIRI.; K. FRANZLUEBBERS. **Acidification of a kaolinitic Alfisol under continuous cropping with nitrogen fertilization in West Africa.** Plant and Soil 171: 245-253. 1995.

KINGERY. W.L.; WOOD, C.W.; DELANEY, D.P.; WILLIAMS, J.C.; MULLINS, G.L. **Impact of long-term land application of broiler litter on environmentally related soil properties.** Journal Environmental Quality 23: 139-147 1994.

KING, L.D.; RUDGERS, L.A.; WEBBER, L.R.; **Application of municipal refuse and liquid sewage sludge to agricultural land: I field study.** Journal Environmental Quality, vol.3, no.4,1974.

LOYOLA, E.; PAVAN, M. A. **Seletividade de troca de cátions em solos ácidos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 13: 131-138, 1989.

MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V. **Análise Química do solo para fins de fertilidade**. IN: Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas. Curitiba-PR Universidade Federal do Paraná, 2ºed. 2003.

MCVAY, K. A.; D. E. RADCLIFFE.; W. L. HARGROVE. **Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements**. Soil Science Society of America Journal 53:1856-1862. 1989

MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G.O.; PAVAN, M.A. **Amenização da toxicidade de alumínio as raízes de trigo pela complexação com ácidos orgânicos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 16:209-215. 1992.

MOTTA, A.C.V. **Soil management impact soil quality in the Tennessee Valley of northern Alabama**. Auburn, Auburn University, 153p. 2002.

OLIVEIRA, E. L. DE; PAVAN, M. A. **Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production**. Soil Tillage Research, 38: 47-57, 1996.

OLSEN, R. J. HENSLER, R. F.; ATTAO, O. J. **Effect of manure application, aerations, soil pH on soil nitrogen transformations and on certain soil test values**. Soil Science, America Proc. 34: 222-225, 1970.

PAVAN, M. A. **Mobilização orgânica do calcário no solo através de adubo verde**. In: PAULETTI, V. & SEGANFREDO, R. Plantio Direto: Atualizações Tecnológicas. Fundação Cargil, p.45-52, 1999.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.van; MALAVOLTA, E. **Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirement of soils**. Communications in Soil Science and Plant Analysis. New York, 16:245-260, 1985.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba-SP, Ceres, Potafos, 343p.1991

RHEINHEIMER, D.S.; PETRY, C.; KAMINSKY, J.; BARTZ, H.R. **Influência do estresse do alumínio em plantas de fumo.I. Efeitos no sistema radicular, na absorção de fósforo e cálcio e no acúmulo de massa seca**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 18:63-68, 1994.

SCHJONNING, P.; CHRISTENSEN, B. T.; CARSTENSEN, B. **Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years**. European Journal of Soil Science, 45: 257-268, 1994.

SCHOFIELD, R.K.; TAYLOR, A.N. **The measurement of soil pH**. Soil Society of America Proceedings. Madison, 164p. 19:164-167, 1955.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. **Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25:395-401, 2001.

WARMAN, P. R. **The effects of pruning, fertilizers, and organic amendments on lowbush blueberry production**. Plant and Soil, 101: 67-72, 1987.

WHALEN, J. K.; CHANG, C.; CLAYTON, G. W.; CAREFOOT, J. P. **Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils**. Soil Science Society of America Journal. 64: 962-966, 2000.

VITOSH, M. L.; DAVIS, J.F.; KNEZEK, B.D. **Long-term effects of manure, fertilizer, and plow depth on chemical properties of soils and nutrient movement in a monoculture corn system**. Journal Environmental Quality. 2:296–299, 1973.

### **3 CAPÍTULO III - ESTERCO LÍQUIDO DE GADO DE LEITE E ADUBAÇÃO MINERAL, INFLUENCIANDO P, K, CARBONO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, EM UM LATOSSOLO BRUNO.**

#### **3.1 Introdução**

O uso de esterco na produção de alimentos e forragem vem aumentando com a intensificação da produção de animais em sistemas confinados. O esterco pode ser uma fonte de nutrientes e uma forma de economia para produtor rural. Contudo, quando a adubação orgânica é utilizada para suprir a necessidade em N das culturas, tem ocorrido acúmulo de fósforo na superfície do solo (Sharpley et al., 1994). Como consequência do baixo teor de P em solução e da baixa mobilidade, este elemento fica acumulado nos primeiros centímetros (superfície) quando aplicado em sistemas em que não é feito o revolvimento do solo. Na ocorrência de escoamentos superficiais, provocados pela água da chuva de alta intensidade, o fósforo que se encontra na superfície do solo, pode ser levado para os mananciais d'água, causando problemas para o meio ambiente, através da eutrofização.

O transporte do P da camada superficial para horizontes inferiores do perfil do solo, tem sido desprezado devido à facilidade com que este se precipita com outros nutrientes na solução do solo, ou é adsorvido (Ryden et al., 1973; Sims et al., 1998). Porém, segundo Dean & Foran (1992), Cook & Baker (1998); Sims et al., (1998) a mobilidade deste elemento pode ser alta, podendo elevar os níveis deste nutriente no subsolo.

Diferente do P, o uso de esterco pode levar a acréscimos de K nas camadas superficiais e em profundidade, sendo comum perdas de K por lixiviação (Elrashidi et al., 1999). Todavia, quando da produção de silagem, especialmente via gramíneas, a exportação de K pode ser superior em até 10 vezes a produção de grãos, propiciando quando não manejado adequadamente em vez de acúmulo de K, esgotamento do elemento no solo (Vitosh et al., 1973).

Modificações nos teores de cátions e ânions em solução levam a mudanças na condutividade elétrica, sendo esta muito utilizada para verificar mudança e mobilidade de elementos em profundidade. Assim, a condutividade elétrica vem sendo empregada em área que recebe esterco, desta forma quantidades apreciáveis de ânions e cátions de alta



mobilidade (Culley et al., 1981; Chang et al., 1990; Elrashidi et al., 1999) encontram-se ou são gerados quando do uso de esterco, podendo alterar a condutividade elétrica do solo tanto na superfície (Culley et al., 1981; Tiarks et al., 1974; Josan et al., 2005) quanto em todo perfil do solo (Chang et al., 1991).

A adição de esterco apresenta como grande vantagem, propiciar em muitos casos elevação no teor de C no solo, quando aplicado em dose elevada de uma só vez (Meek et al., 1982; Tiarks et al., 1974) ou pelo uso por tempo prolongado de doses medias (Sommerfeldt et al., 1986; Schjonning et al., 1994).

Deste modo discutiremos a dinâmica do P, K, C e condutividade elétrica do solo, após seis anos de adição de diferentes doses de esterco líquido de gado de leite combinados com fertilizantes minerais.

### **3.2 Material e métodos**

No item material e métodos geral foram abordados as principais características do clima, solo, localização do experimento, características inerentes ao esterco líquido de gado de leite e adubação mineral, rotação de cultura e delineamento experimental.

As análises químicas para o P e K, usando o extrator Mehlich-1 foram realizadas no laboratório de química e fertilidade do solo, do Departamento de solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, baseada em metodologia descrita em (MARQUES E MOTTA, 2003). A análise do P extraído pelo método da resina trocadora de íons, foi realizada pelo laboratório da Fundação ABC, em Castro-PR, segundo metodologia descrita por (RAIJ, B. VAN.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. da, 1986).

As análises do Carbono, e condutividade elétrica, foram realizadas no laboratório de mineralogia e Química e fertilidade do solo, do Departamento de solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. Onde a metodologia utilizada para determinação do carbono foi o Método Volumétrico descrito por Quaggio e Raij, 1979 e a condutividade elétrica utilizou-se a metodologia descrita por Sonneveld et al., (1990)

Para a condutividade elétrica, foram colocados 25g de TFSA, em um recipiente cônico e pequeno, depois adicionados 50ml de água deionizada, e com uma espátula, foi feita a mistura deste material por um minuto, até que a pasta apresentasse aspecto brilhante e a massa do solo deslizesse suavemente na espátula. Em seguida esta mistura, foi colocada em repouso por uma hora. Depois deste repouso, foi medida a condutividade elétrica, com auxílio de um condutivímetro, tendo o cuidado de calibrar este aparelho, com solução de KCl (cloreto de potássio) a 0,01 Molar, e aferido o aparelho para que este ficasse com  $1.410 \mu\text{S cm}^{-1}$ , sendo que a leitura da amostra, foi feita quando se lia no aparelho  $0.1 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

### 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Fósforo e Potássio

Os resultados apresentados na Tabela 3.1 indica que independente do tratamento observou-se à ocorrência de um gradiente de concentração de P, com rápido decréscimo em profundidade, para ambos os métodos de extração. Fato comum em áreas sob sistema de plantio direto, em face da baixa mobilidade desse elemento no solo, resultante da aplicação superficial de adubação orgânica e mineral (Motta, 2002).

Observa-se ainda que os teores de P, após seis anos, variaram de alto a médio, em ambos os métodos de extração de acordo com (Marques & Motta, 2003), até a profundidade de 30 cm, indicando a não ocorrência de carência nutricional de P, mesmo na ausência de adubação orgânica e mineral. Abaixo desta profundidade os teores de fósforo para ambos os métodos de extração, podem ser considerados baixos.

As análises estatísticas não indicaram interação entre os tratamentos em nenhuma profundidade. Estando as diferenças restritas a 0-5cm de profundidade, quando se trabalhou com o extrator Mehlich1 (Tabela 3.1), para aplicação de esterco orgânico, passando de 36.0 mg dm<sup>-3</sup> na parcela sem adubação mineral, para 59.0 mg dm<sup>-3</sup> quando se utilizou a adubação máxima de esterco de 90m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Do mesmo modo, o P resina só apresentou diferença estatística, quando se adubou com esterco líquido de gado de leite, na profundidade de 0-5 cm, no entanto, esta diferença foi restrita a dose máxima de esterco líquido de gado de leite, em relação a testemunha e a dose de 30m<sup>3</sup> de esterco (Tabela 3.1).

Elevação nos teores de P disponível face à elevada adição via esterco, confirmando o observado em diferentes condições (Muir, 2001.; Vitosh et al., 1973.; Culley et al., 1981.; Chang et al., 1991.; Matsi et al., 2003.; Meek et al., 1982.; Sutton et al., 1986). Resultados semelhantes foram encontrados em trabalho realizado por Muir (2001) quando houve um incremento nos níveis de fósforo na superfície do solo de 18,5 mg dm<sup>-3</sup> em área sem adubação com esterco para 35,5 mg dm<sup>-3</sup> quando houve adubação de 40m<sup>3</sup> de esterco, utilizando o extrator Mehlich 1. Ainda, os resultados obtidos indicam a não ocorrência significativa de lixiviação de fósforo no perfil do solo como fora observado por Sharpley et al., (1994); Vitoch et al., (1973), trabalhando com esterco de gado, também não observou lixiviação de fósforo, ficando este concentrado até uma profundidade de 30 cm (primeira profundidade avaliada).

No entanto, esperava-se que pela alta atividade biológica, e com presença do grande número de bioporos, observado na área experimental, quando da amostragem do solo, poderia ter auxiliado na movimentação de P em profundidade, visto que macro poros representa o principal mecanismo de movimentação de P no solo (Motta, 2002). Aliado ao fato que a aplicação de resíduos pode diminuir a capacidade máxima de adsorção de P

(Iyamuremye et al., 1996) e que aplicação de P nas formas orgânicas mostram-se mais móveis que mineral (Eghball et al., 1996).

Tabela 3.1 - Valores de P (Mehlich-1.e resina), K e condutividade elétrica do solo em área sob em sistema de plantio direto submetido a diferentes doses de esterco líquido de gado de leite, por um período de seis anos, com remoção da planta para silagem, localizado em Castro –PR.

Prof. (cm)	Dose de esterco ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )							
	0	30	60	90	0	30	60	90
(mg $\text{dm}^{-3}$ )								
----- P Mehlich I -----				----- P resina -----				
0 – 5	36.0 <sup>c</sup>	45.6 <sup>bc</sup>	49.5 <sup>ab</sup>	59.0 <sup>a</sup>	117.7 <sup>b</sup>	136.2 <sup>b</sup>	151.2 <sup>ab</sup>	189.3 <sup>a</sup>
5 – 10	18.0 <sup>a</sup>	20.5 <sup>a</sup>	21.6 <sup>a</sup>	17.6 <sup>a</sup>	78.4 <sup>a</sup>	84.5 <sup>a</sup>	102.8 <sup>a</sup>	85.2 <sup>a</sup>
10 – 30	7.6 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	43.3 <sup>a</sup>	42.7 <sup>a</sup>	49.5 <sup>a</sup>	50.1 <sup>a</sup>
30 – 50	2.6 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	16.0 <sup>a</sup>	14.1 <sup>a</sup>	17.4 <sup>a</sup>
50 – 80	1.9 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>

K <sup>+</sup>				Condutividade elétrica				
(cmol <sub>c</sub> $\text{dm}^{-3}$ )				$\mu\text{S cm}^{-1}$				
0 – 5	0,14 <sup>b</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,26 <sup>ab</sup>	0,35 <sup>a</sup>	93.7 <sup>a</sup>	107.7 <sup>a</sup>	137.6 <sup>a</sup>	137.6 <sup>a</sup>
5 – 10	0,05 <sup>c</sup>	0,06 <sup>bc</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,20 <sup>a</sup>	56.4 <sup>b</sup>	69.0 <sup>b</sup>	94.8 <sup>a</sup>	92.3 <sup>a</sup>
10 – 30	0,05 <sup>b</sup>	0,05 <sup>b</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	51.0 <sup>b</sup>	55.0 <sup>ab</sup>	71.2 <sup>a</sup>	69.3 <sup>a</sup>
30 – 50	0,04 <sup>b</sup>	0,05 <sup>ab</sup>	0,05 <sup>ab</sup>	0,08 <sup>a</sup>	49.2 <sup>a</sup>	55.8 <sup>a</sup>	64.0 <sup>a</sup>	63.5 <sup>a</sup>
50 – 80	0,02 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	47.2 <sup>a</sup>	47.1 <sup>a</sup>	55.7 <sup>a</sup>	58.8 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

Contudo, mudanças de P em profundidade tem sido associadas ao uso de esterco por longo período ou aplicação de doses muito elevadas em uma única vez (Sutton et al., 1996.; Eghball et al., 1996.; Culley et al., 1981.; Meek et al., 1982.; Chang et al., 1991), indicando a importância do montante de P adicionado na movimentação. Meek et al., (1982) por exemplo só observou aumento no P na camada de 30-60 cm quando do uso de aproximadamente 2000 kg de P  $\text{ha}^{-1}$  em curto espaço de tempo, enquanto Culley et al., (1981) obteve acréscimo no teor de P na camada de 15 a 30 cm após uso de mais de 1000 kg P  $\text{ha}^{-1}$ . Todavia, consistente maiores valores numéricos de P quando do uso da maior dose é um provável indicativo de movimentação de P, que pode tornar-se significativo em avaliações futuras.

Ao se avaliar os efeitos de adubação mineral Tabela 3.2, houve diferença significativa, na profundidade de 0-5 e 5-10cm, para o extrator Mehlich-1. A diferença na profundidade de 0-5cm é visualizada apenas quando se adiciona 100% da adubação de base, em relação as demais doses analisadas. Já na profundidade de 5-10cm as diferenças são restritas ao tratamento, onde não houve adubação, para o tratamento onde se utilizou a dose máxima de 100% (da dose recomendada), para adubação mineral. Sendo que os resultados diferentes nos teores de fósforo para os extratores Mehlich I e resina, provavelmente se deve a sensibilidade na extração de P resina, constatada por Raij & Quaggio (1986).

Tabela 3.2 - Valores de P Mehlich I e resina do solo em área sob em sistema de plantio direto, submetido a diferentes doses de adubo mineral, por um período de seis anos, com remoção da planta para silagem, localizado em Castro –PR.

Profundidade (cm)	% da dose <u>recomendada</u>					
	0	50	100	0	50	100
	P (mg dm <sup>-3</sup> )					
	Mehlich I			resina		
0 – 5	36,3 <sup>b</sup>	46,5 <sup>b</sup>	59,8 <sup>a</sup>	125.7 <sup>b</sup>	146.6 <sup>ab</sup>	173.5 <sup>a</sup>
5 – 10	14,8 <sup>b</sup>	19,1 <sup>ab</sup>	24,4 <sup>a</sup>	73.4 <sup>a</sup>	87.7 <sup>a</sup>	102.1 <sup>a</sup>
10 – 30	7,4 <sup>a</sup>	7,9 <sup>a</sup>	8,7 <sup>a</sup>	44.3 <sup>a</sup>	45.5 <sup>a</sup>	49.4 <sup>a</sup>
30 – 50	2,3 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	16.9 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>
50 – 80	1,9 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

Diversos fatores podem ter contribuído para baixa movimentação de P no perfil, pela aplicação de P via adubo mineral e orgânico, entre estes o alto teor de argila e alto grau de intemperismo do solo, com a ocorrência de minerais do tipo 1:1 e óxidos que apresentam elevado grau de adsorção específica.

Assim como foi observado para P, o teor de K diminuiu em profundidade, fato este freqüentemente observado em condições de plantio direto. Todavia, o gradiente obtido foi menor quando comparado com o P. Mas as maiores diferenças em relação entre os dois elementos foi o teor dos mesmos, sendo que, os teores que ficaram de médio a muito baixo (Tabela 3.1).

O teor de K, não foi afetado de modo significativo quando se analisou de forma isolada as diferentes doses de adubação mineral como também não houve diferença, quando a adubação mineral foi combinada com o esterco líquido de gado de leite, mostrando não haver interação entre os tratamentos.

Diferente da adubação mineral de base, a adubação orgânica afetou positivamente o teor de K até 50cm de profundidade. Tais diferenças entre os tipos de adubação no teor de K no solo certamente estão associadas ao montante de K adicionado, visto que, o K adicionado ao solo por meio do esterco líquido de gado de leite, supera a quantidade adicionada pela adubação mineral, no período de 06 anos, em mais de 3 vezes (Quadros 9 e 10).

Houve variação nos níveis de K, em relação à área onde não houve adição de esterco líquido de gado de leite, para área onde recebeu tratamento a partir de 60m<sup>3</sup>, nas profundidades de 0-5 e 5-10cm. Observa-se ainda, que na profundidade de 0-5cm, os teores de K são considerados médios, segundo (Serrat et al., 2003), passando a alto somente após aplicação de 90m<sup>3</sup> de esterco líquido. Já na profundidade de 5-10cm os níveis de K são

considerados baixos, aumentando para médio apenas a partir da utilização de 60m<sup>3</sup> de esterco líquido de gado de leite.

Os resultados aqui observados corroboram com os trabalhos de Warman (1987) usando esterco de gado de leite em solos areno-argiloso no Canadá, também encontrou incremento nos níveis de K, na profundidade de 0-15cm usando 12 t ha<sup>-1</sup> matéria seca, em experimento de 02 anos. Diferente deste resultado, Elrashidi et al., (1999) & Matsi et al., (2003) não verificaram aumento nos teores de K na superfície do solo após 4 anos de adição de esterco líquido de gado de leite.

Quando analisamos as profundidades de 10-30cm e 30-50cm, podemos constatar que, apesar do teor de K ser considerado baixo, o teor dobra com a aplicação de 90m<sup>3</sup> de esterco líquido de gado de leite, mostrando movimentação do K ao longo do perfil do solo. No entanto, esta movimentação não foi visualizada na profundidade de 50-80cm, mostrando que a lixiviação foi visualizada na profundidade 50-80cm, mostrando que a lixiviação foi até a profundidade de 50cm, e que abaixo desta profundidade não houve alteração nos teores de K, em nenhum dos tratamentos com esterco líquido de gado de leite. Elrashidi et al., (1999) também mostraram lixiviação de K ao longo do perfil do solo, no entanto, o K ficou retido na profundidade de 40cm, possivelmente, segundo o autor, devido à presença de minerais de argila do tipo 2:1, como a vermiculita. Contudo, a fixação de K no solo em estudo é pouco provável, visto ausência de argila de alta atividade como mostra Martins (2004), que observou apenas a existência de pequena quantia de vermiculita cloritizada.

Estes dados nos mostram que quando há remoção da planta, não havendo assim um retorno da mesma ao solo, apesar de haver alguma reposição do K, em função da lixiviação pela água da chuva, e pela morte das folhas (Waldren & Flowerday, 1979), existe uma tendência ao esgotamento de K. Sendo que este esgotamento é mais pronunciado em regiões onde a produtividade das culturas é bastante elevada. Assim, a elevada produtividade obtida e acréscimo da produtividade quando do uso de esterco líquido propiciaram aumentos na exportação de K. Contudo, Vitosh et al., (1973) constataram, uma exportação até 10 vezes mais alta de K pela silagem de milho, que na produção de grãos, quando adubada com esterco de gado de corte. A estimativa de K extraído pelas culturas, considerando um teor médio de 2 % na matéria seca e produtividade acumulada ao longo do período de 6 anos, é de cerca 1850 a 3100 kg K, ficando em geral acima do valor máximo de 1975 kg K, ao se usar a dose máxima de adubo orgânico e mineral.

Logo, aumentos da disponibilidade, movimentação em profundidade estão condicionados ao balanço entre dose aplicada e exportação pelas culturas, somada a capacidade do solo em fixar K. Assim, o uso de elevadas doses podem aumentar K no solo em profundidade (Sutton et al., 1986.; Meek et al., 1982.; Vitosh et al., 1973) em área de

produção de grãos, mas não garante o mesmo efeito sob produção de silagem e/ou solos com elevada capacidade de fixação de K (Vitosh et al., 1973.; Culley et al., 1981).

No caso de haver déficit de K aplicado, como certamente ocorreria em grande parte dos tratamentos aplicados neste experimento, a capacidade de liberação de K de formas não prontamente disponível ganha importância. Quando há carência de K a planta absorve, além do potássio da solução do solo e o potássio trocável, o chamado potássio não-trocável, que passa para a solução do solo, visando manter o equilíbrio da solução do solo, (Richards et al., 1988.; Nachtigall & Vahl, 1991.; Martins, 2002). Contudo, a elevada quantidade exportada aliada ao baixo teor de K não trocável observada por Martins (2002) em Latossolo da região, resulta que à medida que se sucedem os cultivos, passa a existir carência deste elemento no solo. Fato este visualizado a campo neste experimento, em áreas onde não houve adubação orgânica e mineral, mostrando que a adubação orgânica e mineral para o potássio, feita para suprir a necessidade da cultura em um plantio não é suficiente para suprir plantios subsequentes.

Em trabalho conduzido por Mielniczuk & Selback (1978) em 6 solos do Rio Grande do Sul, sendo 4 deles derivados do basalto, um de mistura de basalto e arenito e um de arenito, verificou-se esta tendência no esgotamento de K no solo. Os teores médios de K originais destes solos eram de  $0.38 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , caindo para  $0.09 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , após os cultivos de sorgo (2 cortes), aveia (2 cortes) e de soja (um cultivo), mostrando a rapidez de esgotamento de solos intemperizados, embora quando virgens apresentassem boa disponibilidade. É provável que uma grande porção do K absorvido pelas plantas, tenha sua origem em formas estruturais, forma esta predominante no solo (Martin & Sparks, 1985).

#### Condutividade Elétrica

Tabela 3.3 - Valores encontrados de condutividade elétrica em sistema de plantio direto submetido a diferentes doses de adubação química, por um período de seis anos, com remoção total da planta, localizado em Castro –PR.

Profundidade (cm)	% da dose recomendada		
	0	50	100
	$\mu\text{S cm}^{-1}$		
0 – 5	139.1 <sup>a</sup>	109.4 <sup>ab</sup>	109.1 <sup>b</sup>
5 – 10	86.6 <sup>a</sup>	71.0 <sup>b</sup>	76.7 <sup>ab</sup>
10 – 30	64.6 <sup>a</sup>	59.0 <sup>a</sup>	61.2 <sup>a</sup>
30 – 50	54.1 <sup>b</sup>	58.1 <sup>ab</sup>	62.1 <sup>a</sup>
50 – 80	48.5 <sup>b</sup>	49.2 <sup>b</sup>	58.7 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

Assim como observado para P e K, constatou-se independente dos tratamentos decréscimo de condutividade elétrica em profundidade, indicando diminuição de cátions e ânions em solução. Ainda, considerando as variações da na medição de

eletrocondutividade, pasta de saturação ou relação solo solução 1:1 e 2:1, os valores observados esta muito abaixo dos observados por quando do uso de esterco (Chang et al., 1991.; Shortall & Liebhardt, 1975) e constataram efeito detrimental do acumulo de sais. Todavia, os valores observados ficam próximos aos obtidos por Matsi et al., (2003); Eghball et al., (1996). Tal fato indica o não acumulo de sais no solo, dado as condições de solo e clima, além da grande exportação de nutrientes via silagem.

Observando-se a Tabela 3.1, constata-se que só houve diferença significativa, na condutividade elétrica, nas profundidades de 5-10 e 10-30cm, quando se efetuou adubação com esterco líquido de gado de leite de maneira isolada. Já para adubação mineral não se verificou diferença entre os tratamentos na profundidade de 10-30cm, sendo constatada diferenças na condutividade elétrica para adubação mineral nas demais profundidades (Tabela 3.3). Pode-se verificar também neste experimento, que não houve interação entre os tratamentos, em nenhuma das profundidades analisadas.

Na profundidade de 0-5cm quando adubado com esterco líquido de gado de leite, a não ocorrência, de diferenças significativas pode ser justificada, pela perda de íons, por meio de lixiviação no perfil do solo.

Corroborando com resultados aqui obtido, Josan et al., (2005) constatou maiores EC em propriedades em atividade com de gado de leite em comparada as largaram da atividade, confirmando que uso de esterco pode aumentar EC. Todavia, Culley et al., (1981); Tiarks et al., (1974) constataram grandes aumentos com um rápido decréscimo na EC após aplicação de diferentes doses de esterco de gado de leite na camada de 0-30 cm, indicando que efeito estava relacionado aos elementos de alta mobilidade, sendo grande dependente do tempo e precipitação. Assim, a retirada de amostra após alguns da aplicação do esterco no experimento pode ter levado a uma diminuição do efeito.

Ao contrário do observado em nosso experimento Matsi et al., (2003) não constatou modificações na EC, 0-30 cm de profundidade, após aplicação de esterco de gado de leite por 4 anos, dado segundo o autor a baixa dose utilizada ( $40 \text{ Mg ha}^{-1}$  peso úmido aproximadamente 8 % umidade). Todavia, Chang et al., (1991) constatou aumento no valor em mais de 4 vezes e modificação ate 90 cm de profundidade, quando do uso de elevadas doses de esterco de gado (até  $180 \text{ Mg ha}^{-1}$  peso úmido 28.35 %) confinado por 11 anos. Assim, doses adicionadas no experimento não foram suficiente alterar fortemente a EC ou as condições de extração pelas culturas e perdas por lixiviação diminuiram os potenciais acréscimos na EC.

De acordo com a Tabela 3.1, quando analisamos a adubação do esterco líquido de gado de leite de forma isolada, nas profundidades onde as diferenças estatísticas ficaram evidenciadas, observamos que estas diferenças ocorrem a partir da dose de  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . No caso de adubação mineral (Tabela 3.3), as diferenças são restritas ao tratamento com 100%

da adubação mineral, para o tratamento onde não houve adubação. Com exceção da profundidade de 5-10cm, onde as diferenças são visualizadas a partir do tratamento, com 50% da adubação mineral recomendada para as culturas.

Elevações na EC mostrada nas Tabelas 3.1 e 3.3, evidenciam perdas de íons acompanhantes, como o  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$  dentre outros, no perfil do solo. Este fato também observado por Ciotta et al., (2002), em um Latossolo Bruno, de textura argilosa, realizado no Campo Experimental da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), em Guarapuava (PR) sob sistema de plantio direto.

## Carbono

Os teores de C variaram de alto a médio, partindo da superfície até a profundidade de 80cm (CFSRS/SC, 1997), característica esta comum ao Latossolo Bruno sob condição natural. Estes teores elevados de C em profundidade, provavelmente tenham sua origem no apodrecimento de raízes, ou pela movimentação no perfil do solo, de micro e macroorganismo, por meio dos bioporos do solo (Bayer et al., 1997).

Aumento no teor de matéria orgânica, em função dos tratamentos foi observada na camada de 0-5 cm, com acréscimos linear. O teor de C não foi afetado de modo significativo pelas diferentes doses de adubação com esterco líquido de gado de leite e adubação mineral, não havendo também interação entre as adubações.

Sommerfeldt et al., (1986) constataram que quantidade C remanescente de menor que 10 % após segundo ano de aplicação e obtiveram ainda decréscimo na quantidade C remanescente no solo pelo uso contínuo resíduo de gado de corte confinado. Isto, provavelmente seja um dos fatores que justifiquem as pequenas variações observadas na área experimental, já que a mesma vinha recebendo resíduo por mais de 15 anos, antes da implantação do experimento. Provavelmente, este se traduza como principal fator da inexistência de resposta da adubação orgânica na camada superficial. Um outro fator que devemos levar em consideração é o elevado teor inicial de C no sistema, visto que o que de certo modo dificulta a retenção e estabilização do C aplicado (Ndayegamiye & Côté, 1989).

Corroborando com resultados obtidos, acréscimo no teor de C pelo uso de esterco de gado tem sido freqüentemente relatado (Tiarks et al., 1974.; Sommerfeldt & Chang, 1985.; Meek et al., 1982.; Chang et al., 1991.; Ndayegamiye & Cote (1989)), embora ausência de efeito tem sido relatada (Matsi et al., 2003). Ainda, assim como em nosso experimento, maiores acréscimos ou efeito significativo tem sido observado na camada superficial (Tiarks et al., 1974.; Chang et al., 1991), sendo afetado principalmente pela dose aplicada (Culley et al., 1981.; Sommerfeldt et al., 1988.; Chang et al., 1991.; Ndayegamiye & Cote (1989)) e tempo de aplicação (Sommerfeldt et al., 1988).



As doses aplicadas no experimento, com valor máximo de  $7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , ficam muito abaixo do utilizado por Tiarks et al., (1974); Meek et al., (1982); Chang et al. (1991), gerando aumento concentrado apenas na camada superficial do perfil do solo. Confirmando a importância da dose no acréscimo de matéria orgânica no solo, Matsi et al., (2003) justificaram o não efeito do uso de esterco líquido de gado de leite sobre a matéria orgânica do solo da camada de 0-30 cm, dado a baixa dose de matéria seca adicionada, aproximadamente  $3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  por quatro anos. O mesmo foi observado por Culley et al., (1981) que não constatou mudança na camada de 0-15 cm e decréscimos nas camadas inferiores pelo uso de até  $19,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de matéria seca. Assim é provável que o aumento no teor matéria orgânica na camada superficial pode ser um efeito combinado da adição de C do esterco mais originado via resíduo das culturas, visto que uso de esterco líquido proporcionou elevação da produtividade (Silva, 2005). Ainda, em geral, no sistema de plantio direto os aumentos no teor de C no solo ficam na fase inicial restritas aos primeiros cm da superfície do solo.

### 3.4 Conclusões

O fósforo apresentou resposta à adubação com esterco líquido de gado de leite e adubação mineral na camada superficial, tanto para o extrator mehlich-1 quanto para a resina. No entanto não foi observada lixiviação, deste nutriente no perfil do solo, constatando a pouca mobilidade do P, no perfil do solo.

Embora se tenha encontrado resposta significativa, aos teores de potássio, quando o solo foi adubado com esterco líquido de gado de leite, até uma profundidade de 50cm, se verificou uma tendência ao esgotamento deste nutriente, ao longo do perfil do solo.

Quanto ao carbono não foram constatados aumentos significativos, em nenhum dos tratamentos analisados neste experimento.

Observou-se por meio da condutividade elétrica, perda de íons até a camada analisada neste experimento, sendo necessário se fazer análises direcionadas para elementos específicos, para que se possa ter a determinação exata de quais elementos estão sendo perdidos no perfil do solo.

### 3.5 Referências Bibliográficas

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 21:105-112, 1997.
- CHANG, C.; SOMMERFELDT, T. G.; ENTZ, T. **Rates of soil chemical changes with eleven annual applications of cattle feedlot manure**. Communications Journal Soil Science. 270: 673-681, 1990.

CHANG, C.; SOMMERFELDT, T. G.; ENTZ, T. **Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure**. Journal Environmental Quality. 20: 475-480, 1991.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A. & WOBETO, C. **Acidificação de um latossolo sob plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do solo, 26:1055-1064, 2002.

COOK, M.J., BAKER, J.L. **Bacteria and nutrient transport to tile lines shortly after application of large volumes of liquid swine manure**. ASAE, St Joseph, Paper 98-2035, 1998.

CULLEY, J. L.B.; PHILLIPS, P. A.; HORE, F. R.; PATNI, N. K. **Soil chemical properties and removal of nutrients by corn resulting from different rates and timing of liquid dairy manure applications**. Communications Journal Soil Science. 61: 35-46, 1981.

EGHBALL. B., BINFORD. G.D., BALTENSPERGER. D.D. **Phosphorus movement and adsorption in a soil receiving long-term manure and fertilizer application**. Journal Environmental Quality 25:1339 – 1343, 1996.

ELRASHIDI, M.A. **Mobility of elements in soil under stabilized dairy feedlot surfaces: A laboratory study**. Journal Environmental Quality 28: 1243-1251. 1999.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p. 1999.

GEOHRING, L. D.; MCHUGH, O. V.; WALTER, M. T.; STEENHUIS, T. S.; AKHTAR, M. S.; WALTER, M. F. **Phosphorus transport into subsurface drains by macropores after manure applications: implications for best management practices**. Soil Science. 166: 896-909, 2001.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R. P. BAHAM, J. **Organic amendments and phosphorus dynamics: I. Phosphorus chemistry and sorption**. Soil Science, 161: 426-435, 1996.

JOSAN, M. S.; NAIR, V. D.; HARRIS, W. G.; HERRERA, D. **Associated release of magnesium and phosphorus from active and abandoned dairy soils**. Journal Environmental Quality 34: 184-191, 2005.

MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V. **Análise Química do solo para fins de fertilidade**. IN: Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas. Curitiba-PR Universidade Federal do Paraná, 2<sup>o</sup>ed. 2003.

MARTIN, H.W.; SPARKS, D.L. **On the behavior of nonexchangeable potassium in soils**. Communications in Soil Science and Plant Analyses., 16:133-162, 1985

MARTINS, R. **Contribuição da reserve de potássio na nutrição e produção do trigo em solos do município de Castro, estado do Paraná**. Curitiba-PR, Universidade Federal do Paraná, dissertação de mestrado, 2002.

MATSI, T.; LITHOURGIDIS, A. S.; GAGIANAS, A. A. **Effects of injected liquid cattle manure on growth and yield of winter wheat and soil characteristics**. Agronomy Journal 95: 592-596, 2003.

MEEK, B.; GRAHAM, L.; DONOVAN, T. **Long-term effects of manure on soil nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, organic matter and water infiltration rate.** Soil Science Society of America Journal, Madison 46: 1014-1019, 1982.

MIELNICZUK, J.; SELBALCH, P.A. **Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2:115-120, 1978.

MOTTA, A.C.V. **Soil management impact soil quality in the Tennessee Valley of northern Alabama.** Auburn, Auburn University, 153p. 2002.

MUIR, J.P. **Dairy compost, variety, and stand age effects on kenaf forage yield, nitrogen and phosphorus concentration, and uptake.** Agronomy Journal 93:1169-1173, 2001.

NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. **Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região Sul do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 15:37-42, 1991.

NDAYEGAMIYE, A. & CÔTE, D. **Effect of long-term pig slurry and solid cattle manure application on soil chemical and biological properties.** Communications Journal Soil Science. 69:39-47, 1989

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.van. **Comparação de métodos rápidos para determinação da matéria orgânica em solos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 3:184-187, 1979.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. da. **Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils by in the ion-exchange resin procedure.** Communications in Soil Science and Plant Analyses, New York, 17:547-566, 1986.

RICHARDS, J.E.; BATES, T.E. **Studies on the potassium-supplying capacities of Southern Ontario soils. II – nitric acid extraction nonexchangeable K and its availability to crops.** Communications Journal Soil Science., 63: 199-208, 1988.

RYDEN, J.C.; SYERS, J.K.; HARRIS, R.F. **Phosphorus in runoff and streams.** Adv.Agron.25:1-45 .1973.

SCHJONNING, P.; CHRISTENSEN, B. T.; CARSTENSEN, B. **Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years.** European Journal of Soil Science, 45: 257-268, 1994.

SERRAT, B.M.; KRIEGER, K.I.; MOTTA, A.C.V. **Considerações sobre interpretação de análises de solos. IN: Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Departamento De Solo e Engenharia Agrícola. 2.ed.143p. 2003.

SILVA, J.C.P.M. **Esterco líquido de gado de leite e adubação mineral influenciando a produção de silagem e propriedades químicas do solo na região dos campos gerais do Paraná.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, departamento de solo e engenharia agrícola, 2005.

SHARPLEY, A.N.; CHAPRA, S.C.; WEDEPOHL, R.; SIMS, J.T., DANIEL, T.C., REDDY, K.R. **Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options.** Journal Environmental Quality 23:437-451, 1994.

SHORTALL, J.G.; LIEBLARDT, W.C. **Yield and growth of corn as affected by poultry manure.** Journal Environmental Quality 4:186-191, 1975.

SIMS, J.T.; SIMARD, R.R.; JOERN, B.C. **Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research.** Journal Environmental Quality 27:277-293, 1998.

SOMMERFELDT, T. G.; CHANG, C. **Soil-water properties as affected by twelve annual applications of cattle feedlot manure.** Soil Science Society of American Journal 49: 7-9, 1986.

SONNEVELD, C.; ENDE, J van den.; BESS, S.S. de. **Estimating the chemical composition of soil solutions by obtaining saturation extracts or specific 1:2 by volume extracts.** Plant and Soil. Dordrecht, v.122:169-175, 1990.

SPARKS, D.L. **Soil Physical Chemistry.** CRC Press, Inc. Boca Raton, 1986.

SUTTON, A.L.; NELSON, D.W.; KELLY, D.T.; HILL, D.L. **Comparison of solid dairy manure applications on corn yield and soil composition.** Journal Environmental Quality 15:370-375, 1986.

TIARKS, A.E.; MAZURAK, A.P.; CHESNIN, L. **Physical and chemical properties of soil associated with heavy applications of manure from cattle feedlots.** Soil Science Society of American Journal, 38:826-830, 1974.

WALDREN, R.P.; FLOWERDAY, A.D. **Growth stages and distribution of dry matter, N,P and K in winter wheat.** Madison, Agronomy Journal, 71:391-397, 1979.

WARMAN, P. R. **The effects of pruning, fertilizers, and organic amendments on lowbush blueberry production.** Plant and Soil, 101: 67-72, 1987.

VITOSH, M. L.; DAVIS, J.F.; KNEZEK, B.D. **Long-term effects of manure, fertilizer, and plow depth on chemical properties of soils and nutrient movement in a monoculture corn system.** Journal Environmental Quality. 2:296–299, 1973.

## Anexo 1

**Dados das análises de produtividade para as culturas de verão (Milho e Sorgo) para os tratamentos com adubação mineral (0, 50 e 100% da dose recomendada para as culturas) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano).**

Trat	Rep	Fat A	Fat B	Parcela	MI1998	MI1999	MI 2001	MI 2002	Sorgo97	Sorgo00
1	1	0	0	61	12281	13994	25904	5840	16250	13253
1	2	0	0	43	12892	12943	11550	2257	12802	12129
1	3	0	0	24	10120	9548	2530	11011	13794	4434
2	1	0	50	69	17813	17741	21781	10980	16896	13368
2	2	0	50	38	20979	16894	13680	6318	15982	12463
2	3	0	50	16	12476	11798	15294	11938	16490	9250
3	1	0	100	68	17662	17479	21347	9317	15029	14448
3	2	0	100	46	19524	15083	18006	7830	10971	13899
3	3	0	100	17	16969	11033	14254	11156	15256	14292
1	1	30	0	63	14986	15212	19083	9100	10097	14100
1	2	30	0	44	14666	16157	21177	10092	13594	15732
1	3	30	0	21	10461	12379	16183	8829	14750	10538
2	1	30	50	71	19220	17455	24125	12513	16174	14875
2	2	30	50	37	15737	16233	24343	10850	12891	15059
2	3	30	50	13	16699	13602	15500	12623	13155	12321
3	1	30	100	66	16846	20364	22103	9251	14067	10929
3	2	30	100	45	18328	15520	23870	12104	14331	16490
3	3	30	100	20	17861	13248	24809	15442	14850	12353
1	1	60	0	62	17508	16110	23595	12578	13138	15367
1	2	60	0	42	15113	15419	18975	12594	14594	15103
1	3	60	0	23	12561	16794	20397	13078	12467	13475
2	1	60	50	70	20125	18284	22951	13260	10524	15557
2	2	60	50	39	18320	17804	20885	11760	14687	13950
2	3	60	50	15	16584	17530	16926	10834	14774	14964
3	1	60	100	67	20363	19097	21797	11641	18009	14880
3	2	60	100	47	19336	18318	23151	9071	12847	16192
3	3	60	100	18	18305	13869	24828	10973	14250	14239
1	1	90	0	64	16031	17314	23121	15153	11622	15173
1	2	90	0	41	15925	14903	20181	11473	15821	16497
1	3	90	0	22	15539	15215	19632	13533	15210	14424
2	1	90	50	72	19030	19626	20702	14726	13356	16007
2	2	90	50	40	21688	16954	21890	12052	14487	15729
2	3	90	50	14	14919	15437	21120	13107	13924	16215
3	1	90	100	65	19583	21689	24082	13372	15429	14720
3	2	90	100	48	19007	20690	23320	12278	13267	17640
3	3	90	100	19	18129	16992	19130	10725	15070	14168

## Anexo 2

**Dados das análises de produtividade para as culturas de inverno (Azevém e aveia preta) para os tratamentos com adubação mineral (0, 50 e 100% da dose recomendada para as culturas) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano).**

Trat	Rep	Fat A	Fat B	Parcela	Az99	Az00	Az02	Av97	Av01
1	1	0	0	61	3902	3647	1960	1738	2732
1	2	0	0	43	5443	3498	1907	2470	3338
1	3	0	0	24	3772	3425	2322	1759	947
2	1	0	50	69	4682	4614	2873	2666	3334
2	2	0	50	38	4020	4468	2331	2377	2626
2	3	0	50	16	4421	3745	2431	2558	1823
3	1	0	100	68	5216	5167	2386	2480	3536
3	2	0	100	46	6139	4700	2255	2563	2996
3	3	0	100	17	4510	4713	2460	2037	2178
1	1	30	0	63	4865	4617	3290	2401	2570
1	2	30	0	44	6211	4543	2873	2120	2922
1	3	30	0	21	4826	3803	2616	1993	2800
2	1	30	50	71	5143	6003	2967	2565	2921
2	2	30	50	37	4963	5669	3768	1990	3498
2	3	30	50	13	5029	4978	1727	2232	1899
3	1	30	100	66	5708	5715	3518	2459	3476
3	2	30	100	45	5571	4919	2561	2655	3729
3	3	30	100	20	4932	4795	3350	2426	3023
1	1	60	0	62	5302	4792	3775	2548	3541
1	2	60	0	42	4276	5274	3541	2083	3111
1	3	60	0	23	5788	5028	4373	2106	5549
2	1	60	50	70	5596	6345	4229	2510	3754
2	2	60	50	39	5603	4918	4476	2345	3525
2	3	60	50	15	5267	5066	3567	1794	2825
3	1	60	100	67	5505	6049	3615	2597	4009
3	2	60	100	47	6038	6562	3583	2666	3019
3	3	60	100	18	5423	5834	4369	2680	3228
1	1	90	0	64	5347	7365	4315	3230	4148
1	2	90	0	41	4963	5506	4384	2093	3154
1	3	90	0	22	5394	5719	3878	2199	2930
2	1	90	50	72	5977	6668	3795	2503	3299
2	2	90	50	40	5129	5480	3563	2679	3793
2	3	90	50	14	6693	5446	3728	2594	3040
3	1	90	100	65	6454	6230	5544	3192	4388
3	2	90	100	48	6119	6713	3995	3056	3640
3	3	90	100	19	5520	6509	4278	2597	4095

### Anexo 3

**Dados das análises químicas pH (CaCl<sub>2</sub>) das diferentes profundidades amostradas, para os tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100% da dose recomendada para as culturas) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> ano),**

- 1 Tratamento
- 2 Repetição
- 3 Fator A
- 4 Fator B
- 5 pH 0-5cm
- 6 pH (CaCl<sub>2</sub>) 5-10cm
- 7 pH (CaCl<sub>2</sub>)10-30cm
- 8 pH (CaCl<sub>2</sub>)30-50cm
- 9 pH (CaCl<sub>2</sub>)50-80cm

CASE									
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00	1.00	1.00	1.00	5.10	5.30	5.60	5.40	4.90
2	1.00	2.00	1.00	1.00	5.00	5.60	5.10	4.80	4.70
3	1.00	3.00	1.00	1.00	5.00	5.00	5.10	4.70	4.80
4	2.00	1.00	1.00	2.00	5.10	5.30	5.60	4.90	5.60
5	2.00	2.00	1.00	2.00	5.00	5.20	5.10	4.80	4.70
6	2.00	3.00	1.00	2.00	5.00	5.40	4.90	4.60	4.70
7	3.00	1.00	1.00	3.00	4.90	4.90	5.90	5.40	5.40
8	3.00	2.00	1.00	3.00	4.90	4.80	5.00	5.00	4.80
9	3.00	3.00	1.00	3.00	4.80	4.90	5.00	4.90	4.80
10	4.00	1.00	2.00	1.00	5.30	5.50	5.30	5.20	5.00
11	4.00	2.00	2.00	1.00	5.10	5.00	5.00	5.10	4.70
12	4.00	3.00	2.00	1.00	5.20	5.00	5.00	5.00	4.70
13	5.00	1.00	2.00	2.00	5.40	5.50	5.70	5.60	5.50
14	5.00	2.00	2.00	2.00	5.30	5.30	5.10	5.10	4.80
15	5.00	3.00	2.00	2.00	5.20	5.10	5.20	5.30	4.90
16	6.00	1.00	2.00	3.00	5.00	5.40	5.50	5.50	4.90
17	6.00	2.00	2.00	3.00	5.00	4.90	5.00	5.20	4.80
18	6.00	3.00	2.00	3.00	5.20	5.40	5.00	5.00	4.80
19	7.00	1.00	3.00	1.00	5.30	5.30	5.40	5.40	5.00
20	7.00	2.00	3.00	1.00	5.40	5.20	5.00	4.90	4.70
21	7.00	3.00	3.00	1.00	5.30	5.30	5.20	5.10	4.90
22	8.00	1.00	3.00	2.00	5.40	5.20	5.70	5.60	5.60
23	8.00	2.00	3.00	2.00	5.20	5.10	5.10	4.90	4.70
24	8.00	3.00	3.00	2.00	5.00	5.00	5.00	5.20	4.80
25	9.00	1.00	3.00	3.00	5.00	5.30	5.50	5.60	5.20
26	9.00	2.00	3.00	3.00	5.20	5.10	5.00	4.90	4.80
27	9.00	3.00	3.00	3.00	5.00	5.00	4.90	5.00	4.80
28	10.00	1.00	4.00	1.00	5.50	5.40	5.40	5.40	5.00
29	10.00	2.00	4.00	1.00	5.60	5.50	5.30	5.00	4.80
30	10.00	3.00	4.00	1.00	5.10	5.40	5.10	5.00	4.80
31	11.00	1.00	4.00	2.00	5.70	5.60	5.60	5.50	5.10
32	11.00	2.00	4.00	2.00	5.50	5.30	5.30	5.40	5.20
33	11.00	3.00	4.00	2.00	5.30	5.10	5.20	4.80	4.90
34	12.00	1.00	4.00	3.00	5.50	5.50	5.40	5.50	5.00
35	12.00	2.00	4.00	3.00	5.30	5.20	4.90	5.00	4.80
36	12.00	3.00	4.00	3.00	5.20	5.00	5.00	5.10	4.80

## Anexo 4

**Dados das análises químicas para acidez potencial (H + Al) das diferentes profundidades amostradas, para os tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100% da dose recomendada para as culturas) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> ano),**

- 1 Tratamento
- 2 Repetição
- 3 Fator A
- 4 Fator B
- 5 H+Al 0-5cm
- 6 H+Al 5-10cm
- 7 H+Al 10-30cm
- 8 H+Al 30-50cm
- 9 H+Al 50-80cm

CASE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	4.00	4.30	4.60	5.00
2	1.00	2.00	1.00	1.00	4.60	3.20	4.60	6.20	5.80
3	1.00	3.00	1.00	1.00	7.20	4.60	5.00	6.20	5.40
4	2.00	1.00	1.00	2.00	5.40	4.60	3.70	3.20	4.00
5	2.00	2.00	1.00	2.00	6.20	4.00	5.00	5.80	6.20
6	2.00	3.00	1.00	2.00	5.80	3.70	5.80	7.20	5.00
7	3.00	1.00	1.00	3.00	6.20	5.40	4.00	3.40	4.00
8	3.00	2.00	1.00	3.00	5.00	5.00	5.40	6.20	5.40
9	3.00	3.00	1.00	3.00	6.70	4.60	5.80	5.80	5.40
10	4.00	1.00	2.00	1.00	5.00	3.40	5.00	5.00	5.00
11	4.00	2.00	2.00	1.00	4.30	4.30	5.00	4.00	6.00
12	4.00	3.00	2.00	1.00	5.40	4.30	5.40	4.00	5.40
13	5.00	1.00	2.00	2.00	5.00	3.40	3.70	4.00	4.00
14	5.00	2.00	2.00	2.00	5.40	4.00	5.00	5.40	5.40
15	5.00	3.00	2.00	2.00	4.60	4.30	4.60	5.40	5.00
16	6.00	1.00	2.00	3.00	5.80	4.00	3.40	4.30	5.00
17	6.00	2.00	2.00	3.00	5.00	5.40	5.80	4.00	5.00
18	6.00	3.00	2.00	3.00	5.80	4.30	5.40	6.20	5.80
19	7.00	1.00	3.00	1.00	4.60	3.70	5.00	3.40	5.40
20	7.00	2.00	3.00	1.00	4.00	3.70	4.60	4.60	5.40
21	7.00	3.00	3.00	1.00	5.80	4.60	5.00	4.00	5.40
22	8.00	1.00	3.00	2.00	4.60	4.30	4.00	3.70	3.70
23	8.00	2.00	3.00	2.00	5.40	4.30	5.00	5.80	6.20
24	8.00	3.00	3.00	2.00	5.40	5.40	5.00	4.00	5.00
25	9.00	1.00	3.00	3.00	5.00	3.70	4.60	4.00	4.00
26	9.00	2.00	3.00	3.00	4.30	5.00	5.40	6.70	5.40
27	9.00	3.00	3.00	3.00	5.80	4.60	6.20	4.30	5.00
28	10.00	1.00	4.00	1.00	4.30	3.70	4.30	4.30	5.40
29	10.00	2.00	4.00	1.00	4.60	3.70	4.60	5.40	5.40
30	10.00	3.00	4.00	1.00	6.20	4.00	5.00	5.40	5.40
31	11.00	1.00	4.00	2.00	3.70	3.20	3.70	3.40	5.40
32	11.00	2.00	4.00	2.00	4.60	3.40	4.60	3.20	5.00
33	11.00	3.00	4.00	2.00	4.60	4.30	5.00	5.80	5.00
34	12.00	1.00	4.00	3.00	5.00	4.00	3.70	4.30	5.40
35	12.00	2.00	4.00	3.00	4.00	4.00	5.80	4.60	5.80
36	12.00	3.00	4.00	3.00	5.40	5.00	5.80	4.00	5.00



## Anexo 5

**Dados das análises químicas para a)  $\text{Ca}^{+2}$  e b)  $\text{Mg}^{+2}$  trocável nas diferentes profundidades amostradas, para os tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100% da dose recomendada para as culturas) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  ano).**

a)

- 1 Tratamento
- 2 Repetições
- 3 fator A
- 4 Fator B
- 5  $\text{Ca}^{+2}$  trocável 0-5cm
- 6  $\text{Ca}^{+2}$  trocável 5-10cm
- 7  $\text{Ca}^{+2}$  trocável 10-30cm
- 8  $\text{Ca}^{+2}$  trocável 30-50cm
- 9  $\text{Ca}^{+2}$  trocável 50-80cm

CASE									
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00	1.00	1.00	1.00	3.80	3.63	3.70	2.63	1.43
2	1.00	2.00	1.00	1.00	2.63	2.55	3.25	2.15	1.55
3	1.00	3.00	1.00	1.00	2.88	5.50	2.95	1.65	1.40
4	2.00	1.00	1.00	2.00	4.18	4.28	3.45	2.88	1.50
5	2.00	2.00	1.00	2.00	2.75	2.50	2.80	1.98	2.25
6	2.00	3.00	1.00	2.00	2.88	1.73	2.25	1.48	1.30
7	3.00	1.00	1.00	3.00	3.90	4.38	4.38	4.68	2.43
8	3.00	2.00	1.00	3.00	2.48	2.45	3.65	2.65	1.75
9	3.00	3.00	1.00	3.00	2.73	2.25	2.58	2.05	1.05
10	4.00	1.00	2.00	1.00	3.75	3.63	3.25	2.88	1.65
11	4.00	2.00	2.00	1.00	3.58	2.75	3.08	2.48	1.63
12	4.00	3.00	2.00	1.00	3.60	2.50	2.75	2.03	1.55
13	5.00	1.00	2.00	2.00	4.15	4.63	3.95	3.50	2.00
14	5.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.03	2.23	1.40
15	5.00	3.00	2.00	2.00	3.75	2.63	3.75	2.53	1.63
16	6.00	1.00	2.00	3.00	3.55	4.28	4.00	3.95	1.63
17	6.00	2.00	2.00	3.00	3.63	2.75	2.98	2.33	1.48
18	6.00	3.00	2.00	3.00	3.00	2.48	2.88	2.25	1.65
19	7.00	1.00	3.00	1.00	3.63	3.78	4.00	2.50	1.80
20	7.00	2.00	3.00	1.00	4.05	2.88	3.25	1.90	1.63
21	7.00	3.00	3.00	1.00	4.00	3.00	3.23	2.45	1.63
22	8.00	1.00	3.00	2.00	4.60	4.75	3.75	4.58	2.13
23	8.00	2.00	3.00	2.00	3.38	3.05	3.20	2.05	2.23
24	8.00	3.00	3.00	2.00	3.25	2.25	2.95	2.35	1.75
25	9.00	1.00	3.00	3.00	3.50	3.63	4.00	3.55	1.93
26	9.00	2.00	3.00	3.00	3.95	2.75	2.70	2.08	1.75
27	9.00	3.00	3.00	3.00	3.63	2.25	2.70	2.08	1.55
28	10.00	1.00	4.00	1.00	3.60	3.95	3.75	3.23	1.78
29	10.00	2.00	4.00	1.00	4.58	3.38	3.60	2.00	1.63
30	10.00	3.00	4.00	1.00	3.50	3.00	2.95	2.00	1.38
31	11.00	1.00	4.00	2.00	5.30	4.38	3.88	3.60	2.05
32	11.00	2.00	4.00	2.00	5.05	3.38	3.78	2.90	2.23
33	11.00	3.00	4.00	2.00	3.95	3.00	3.35	2.13	1.55
34	12.00	1.00	4.00	3.00	4.35	4.45	3.53	2.75	1.95
35	12.00	2.00	4.00	3.00	3.93	2.55	2.88	1.95	1.75
36	12.00	3.00	4.00	3.00	3.90	2.38	2.50	1.93	1.50

**b)**

- 10  $\text{Mg}^{+2}$  Trocável 0-5cm
- 11  $\text{Mg}^{+2}$  Trocável 5-10cm
- 12  $\text{Mg}^{+2}$  Trocável 10-30cm
- 13  $\text{Mg}^{+2}$  Trocável 30-50cm
- 14  $\text{Mg}^{+2}$  Trocável 50-80cm

CASE

NO.	10	11	12	13	14
1	2.38	1.48	1.23	1.44	1.23
2	1.76	1.56	1.15	0.90	0.82
3	1.85	1.07	1.35	0.86	0.82
4	2.67	1.85	1.64	1.60	1.97
5	1.93	1.11	1.31	1.15	0.86
6	2.30	0.86	0.74	0.70	0.78
7	2.05	1.72	1.80	2.01	1.85
8	1.60	1.11	1.07	1.03	0.86
9	2.09	1.15	1.03	1.03	0.70
10	2.58	1.85	1.48	1.35	1.15
11	2.26	1.35	1.19	0.94	0.74
12	2.54	1.44	1.31	1.03	0.82
13	2.54	2.30	1.93	2.05	1.72
14	1.93	1.52	1.48	1.39	0.90
15	2.54	1.23	1.31	1.35	1.13
16	3.55	2.05	1.93	2.01	1.39
17	2.26	1.23	1.23	1.03	0.74
18	2.05	1.15	1.07	0.86	0.74
19	2.46	1.89	1.48	1.31	1.23
20	2.67	1.76	1.15	0.94	0.86
21	2.79	1.80	1.27	1.27	1.03
22	2.79	2.34	1.97	2.26	2.26
23	2.26	1.89	1.35	1.23	1.15
24	2.26	1.23	1.19	1.15	0.82
25	2.46	2.15	1.72	1.76	1.48
26	2.50	1.52	1.27	1.07	0.90
27	2.54	1.31	1.23	1.03	0.90
28	2.46	2.42	1.89	1.68	1.11
29	3.12	1.93	1.72	1.03	0.86
30	2.42	1.64	1.56	1.07	0.86
31	3.69	2.54	2.30	2.01	1.64
32	3.61	1.97	1.60	1.64	1.68
33	2.67	1.64	1.56	1.19	0.90
34	2.83	2.46	1.89	1.48	1.56
35	2.54	1.60	1.39	0.86	0.90
36	2.67	1.23	1.23	0.86	1.03

## Anexo 6

**Dados das análises químicas para a) P mehlich1 e b) P-resina nas diferentes profundidades amostradas, para os tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100% da dose recomendada para as culturas) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> ano).**

**a)**

- 1 Tratamento
- 2 Repetição
- 3 Fator A
- 4 Fator B
- 5 P 0-5cm
- 6 P 5-10cm
- 7 P 10-30
- 8 P 30-50cm
- 9 P 50-80cm

CASE

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00	1.00	1.00	1.00	30.80	14.50	7.90	1.60	2.10
2	1.00	2.00	1.00	1.00	28.20	18.60	9.10	2.80	2.50
3	1.00	3.00	1.00	1.00	24.50	11.80	6.00	1.40	0.80
4	2.00	1.00	1.00	2.00	37.50	25.10	10.10	2.10	0.80
5	2.00	2.00	1.00	2.00	27.40	12.20	5.40	2.20	3.20
6	2.00	3.00	1.00	2.00	22.50	7.90	4.60	3.90	2.80
7	3.00	1.00	1.00	3.00	56.40	22.50	12.20	2.50	2.80
8	3.00	2.00	1.00	3.00	72.40	38.80	10.10	3.70	0.60
9	3.00	3.00	1.00	3.00	25.10	10.80	3.50	3.20	1.50
10	4.00	1.00	2.00	1.00	33.90	15.80	7.90	1.80	2.10
11	4.00	2.00	2.00	1.00	42.60	18.60	8.70	3.30	3.20
12	4.00	3.00	2.00	1.00	24.50	12.90	6.20	1.50	2.80
13	5.00	1.00	2.00	2.00	70.00	20.20	11.00	2.30	3.50
14	5.00	2.00	2.00	2.00	49.00	17.60	5.80	1.50	0.60
15	5.00	3.00	2.00	2.00	31.80	30.80	9.00	8.20	2.80
16	6.00	1.00	2.00	3.00	54.80	25.90	7.30	2.20	2.50
17	6.00	2.00	2.00	3.00	65.70	26.60	8.40	4.60	0.60
18	6.00	3.00	2.00	3.00	38.80	16.20	7.60	7.00	0.20
19	7.00	1.00	3.00	1.00	38.80	17.10	6.80	1.50	2.50
20	7.00	2.00	3.00	1.00	29.90	11.80	5.40	2.10	0.40
21	7.00	3.00	3.00	1.00	35.00	12.20	6.20	3.50	1.00
22	8.00	1.00	3.00	2.00	59.80	29.90	12.50	2.80	3.20
23	8.00	2.00	3.00	2.00	40.40	11.50	4.90	1.90	2.50
24	8.00	3.00	3.00	2.00	36.20	23.80	7.90	3.70	1.60
25	9.00	1.00	3.00	3.00	80.60	38.80	10.80	1.90	3.00
26	9.00	2.00	3.00	3.00	79.80	29.90	9.00	1.90	2.30
27	9.00	3.00	3.00	3.00	45.00	19.60	8.20	3.70	3.00
28	10.00	1.00	4.00	1.00	61.60	19.60	10.10	2.50	2.80
29	10.00	2.00	4.00	1.00	49.90	12.90	8.50	3.00	0.80
30	10.00	3.00	4.00	1.00	36.20	12.20	7.00	3.70	2.50
31	11.00	1.00	4.00	2.00	65.60	19.60	12.20	4.40	3.70
32	11.00	2.00	4.00	2.00	54.80	15.80	5.70	3.50	0.40
33	11.00	3.00	4.00	2.00	63.50	15.30	6.80	5.40	3.20
34	12.00	1.00	4.00	3.00	63.60	24.50	7.80	2.10	3.20
35	12.00	2.00	4.00	3.00	75.30	18.60	9.10	2.00	2.50
36	12.00	3.00	4.00	3.00	60.60	20.70	10.80	4.20	2.80

b)

- 1 Tratamento
- 2 Repetição
- 3 FatorA
- 4 FatorB
- 5 P-resina 0-5cm
- 6 P-resina 5-10cm
- 7 P-resina 10-30cm
- 8 P-resina 30-50cm
- 9 P-resina 50-80cm

CASE

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00	1.00	1.00	1.00	101.00	75.00	51.00	11.00	4.00
2	1.00	2.00	1.00	1.00	87.00	59.00	39.00	12.00	4.00
3	1.00	3.00	1.00	1.00	86.00	59.00	32.00	6.00	3.00
4	2.00	1.00	1.00	2.00	148.00	134.00	62.00	18.00	8.00
5	2.00	2.00	1.00	2.00	101.00	53.00	28.00	10.00	3.00
6	2.00	3.00	1.00	2.00	62.00	34.00	32.00	6.00	3.00
7	3.00	1.00	1.00	3.00	175.00	121.00	76.00	25.00	6.00
8	3.00	2.00	1.00	3.00	199.00	132.00	49.00	12.00	5.00
9	3.00	3.00	1.00	3.00	101.00	39.00	21.00	14.00	6.00
10	4.00	1.00	2.00	1.00	128.00	79.00	42.00	14.00	5.00
11	4.00	2.00	2.00	1.00	118.00	70.00	48.00	17.00	4.00
12	4.00	3.00	2.00	1.00	90.00	56.00	32.00	9.00	4.00
13	5.00	1.00	2.00	2.00	171.00	115.00	62.00	19.00	8.00
14	5.00	2.00	2.00	2.00	125.00	60.00	35.00	6.00	3.00
15	5.00	3.00	2.00	2.00	126.00	100.00	38.00	28.00	7.00
16	6.00	1.00	2.00	3.00	168.00	125.00	50.00	14.00	5.00
17	6.00	2.00	2.00	3.00	137.00	87.00	47.00	15.00	8.00
18	6.00	3.00	2.00	3.00	163.00	69.00	31.00	22.00	6.00
19	7.00	1.00	3.00	1.00	103.00	85.00	42.00	14.00	6.00
20	7.00	2.00	3.00	1.00	168.00	78.00	43.00	10.00	5.00
21	7.00	3.00	3.00	1.00	128.00	71.00	42.00	12.00	4.00
22	8.00	1.00	3.00	2.00	163.00	139.00	62.00	25.00	14.00
23	8.00	2.00	3.00	2.00	146.00	51.00	49.00	10.00	5.00
24	8.00	3.00	3.00	2.00	133.00	100.00	44.00	12.00	9.00
25	9.00	1.00	3.00	3.00	182.00	154.00	54.00	15.00	5.00
26	9.00	2.00	3.00	3.00	202.00	172.00	63.00	11.00	13.00
27	9.00	3.00	3.00	3.00	136.00	76.00	47.00	18.00	9.00
28	10.00	1.00	4.00	1.00	234.00	101.00	52.00	17.00	5.00
29	10.00	2.00	4.00	1.00	156.00	62.00	60.00	10.00	4.00
30	10.00	3.00	4.00	1.00	110.00	86.00	49.00	12.00	3.00
31	11.00	1.00	4.00	2.00	205.00	102.00	59.00	36.00	15.00
32	11.00	2.00	4.00	2.00	208.00	96.00	37.00	11.00	6.00
33	11.00	3.00	4.00	2.00	172.00	69.00	39.00	22.00	9.00
34	12.00	1.00	4.00	3.00	234.00	101.00	52.00	17.00	5.00
35	12.00	2.00	4.00	3.00	237.00	81.00	47.00	12.00	8.00
36	12.00	3.00	4.00	3.00	148.00	69.00	56.00	20.00	8.00

## Anexo 7

**Dados das análises químicas para o K nas diferentes profundidades amostradas, para os tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100% da dose recomendada para as culturas) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> ano).**

- 1 Tratamento
- 2 Repetição
- 3 NUMERIC Fator A
- 4 Fator B
- 5 K 0-5cm
- 6 K 5-10cm
- 7 K 10-30cm
- 8 K 30-50cm
- 9 K 50-80cm

CASE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.11	0.05	0.05	0.04	0.01
2	1.00	2.00	1.00	1.00	0.08	0.05	0.04	0.03	0.01
3	1.00	3.00	1.00	1.00	0.27	0.08	0.07	0.08	0.05
4	2.00	1.00	1.00	2.00	0.13	0.06	0.04	0.07	0.07
5	2.00	2.00	1.00	2.00	0.09	0.04	0.06	0.04	0.02
6	2.00	3.00	1.00	2.00	0.19	0.05	0.05	0.04	0.02
7	3.00	1.00	1.00	3.00	0.13	0.05	0.05	0.06	0.03
8	3.00	2.00	1.00	3.00	0.14	0.05	0.06	0.02	0.02
9	3.00	3.00	1.00	3.00	0.18	0.07	0.06	0.03	0.02
10	4.00	1.00	2.00	1.00	0.20	0.08	0.06	0.06	0.02
11	4.00	2.00	2.00	1.00	0.18	0.05	0.05	0.05	0.02
12	4.00	3.00	2.00	1.00	0.20	0.08	0.06	0.05	0.02
13	5.00	1.00	2.00	2.00	0.21	0.09	0.04	0.08	0.03
14	5.00	2.00	2.00	2.00	0.19	0.04	0.06	0.05	0.02
15	5.00	3.00	2.00	2.00	0.14	0.07	0.05	0.03	0.02
16	6.00	1.00	2.00	3.00	0.15	0.08	0.06	0.05	0.02
17	6.00	2.00	2.00	3.00	0.20	0.07	0.05	0.04	0.03
18	6.00	3.00	2.00	3.00	0.14	0.04	0.05	0.05	0.02
19	7.00	1.00	3.00	1.00	0.35	0.14	0.07	0.05	0.02
20	7.00	2.00	3.00	1.00	0.17	0.05	0.04	0.03	0.02
21	7.00	3.00	3.00	1.00	0.22	0.09	0.06	0.06	0.04
22	8.00	1.00	3.00	2.00	0.28	0.15	0.10	0.08	0.07
23	8.00	2.00	3.00	2.00	0.23	0.09	0.06	0.05	0.02
24	8.00	3.00	3.00	2.00	0.24	0.08	0.07	0.03	0.02
25	9.00	1.00	3.00	3.00	0.30	0.17	0.09	0.08	0.03
26	9.00	2.00	3.00	3.00	0.34	0.14	0.08	0.04	0.02
27	9.00	3.00	3.00	3.00	0.23	0.07	0.07	0.05	0.02
28	10.00	1.00	4.00	1.00	0.49	0.28	0.13	0.07	0.03
29	10.00	2.00	4.00	1.00	0.32	0.11	0.10	0.05	0.03
30	10.00	3.00	4.00	1.00	0.29	0.15	0.11	0.05	0.03
31	11.00	1.00	4.00	2.00	0.30	0.23	0.17	0.16	0.08
32	11.00	2.00	4.00	2.00	0.40	0.26	0.15	0.09	0.06
33	11.00	3.00	4.00	2.00	0.27	0.15	0.15	0.07	0.04
34	12.00	1.00	4.00	3.00	0.42	0.22	0.16	0.10	0.06
35	12.00	2.00	4.00	3.00	0.35	0.18	0.11	0.09	0.03
36	12.00	3.00	4.00	3.00	0.32	0.25	0.18	0.07	0.04

## Anexo 8

**Dados das análises químicas para a) Carbono e b) condutividade elétrica nas diferentes profundidades amostradas, para os tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100% da dose recomendada para as culturas) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> ano).**

a)

- 1 Tratamento
- 2 Repetição
- 3 fator A
- 4 Fator B
- 5 Carbono 0-5cm
- 6 Carbono 5-10cm
- 7 Carbono 10-30cm
- 8 Carbono 30-50cm
- 9 Carbono 50-80cm

CASE

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00	1.00	1.00	1.00	40.20	31.70	23.20	25.70	16.00
2	1.00	2.00	1.00	1.00	37.70	29.30	25.70	28.10	19.60
3	1.00	3.00	1.00	1.00	36.50	29.30	23.20	25.70	19.60
4	2.00	1.00	1.00	2.00	35.30	32.90	24.50	26.90	19.60
5	2.00	2.00	1.00	2.00	34.10	30.50	25.70	28.10	20.80
6	2.00	3.00	1.00	2.00	36.50	31.50	26.90	26.90	16.00
7	3.00	1.00	1.00	3.00	40.20	28.10	23.20	29.30	20.80
8	3.00	2.00	1.00	3.00	42.00	29.30	26.90	26.90	19.80
9	3.00	3.00	1.00	3.00	37.70	29.30	20.80	28.10	21.80
10	4.00	1.00	2.00	1.00	37.70	31.70	23.20	26.90	19.80
11	4.00	2.00	2.00	1.00	40.20	26.90	25.70	28.10	21.80
12	4.00	3.00	2.00	1.00	41.40	31.70	20.80	28.10	20.80
13	5.00	1.00	2.00	2.00	36.50	28.30	25.70	26.90	20.80
14	5.00	2.00	2.00	2.00	45.00	30.30	24.50	30.50	20.80
15	5.00	3.00	2.00	2.00	38.90	29.30	25.70	31.70	18.40
16	6.00	1.00	2.00	3.00	32.90	31.70	23.20	25.70	17.20
17	6.00	2.00	2.00	3.00	43.80	32.90	26.90	28.10	23.20
18	6.00	3.00	2.00	3.00	43.80	31.70	28.10	29.30	19.60
19	7.00	1.00	3.00	1.00	40.40	34.10	25.70	24.50	18.40
20	7.00	2.00	3.00	1.00	42.40	26.90	23.20	29.30	22.00
21	7.00	3.00	3.00	1.00	41.40	29.30	22.00	26.90	20.80
22	8.00	1.00	3.00	2.00	38.90	31.70	25.70	29.30	23.20
23	8.00	2.00	3.00	2.00	38.30	24.50	23.20	28.10	25.70
24	8.00	3.00	3.00	2.00	41.40	29.30	24.50	24.50	22.00
25	9.00	1.00	3.00	3.00	42.60	28.10	26.90	26.90	20.80
26	9.00	2.00	3.00	3.00	46.20	32.90	28.10	30.50	22.00
27	9.00	3.00	3.00	3.00	43.80	26.90	24.50	29.30	20.80
28	10.00	1.00	4.00	1.00	43.80	34.10	25.70	29.10	19.60
29	10.00	2.00	4.00	1.00	43.80	30.50	26.90	27.10	20.80
30	10.00	3.00	4.00	1.00	40.20	34.10	23.20	28.10	19.60
31	11.00	1.00	4.00	2.00	42.60	31.70	25.70	30.50	23.20
32	11.00	2.00	4.00	2.00	46.20	35.30	23.20	29.30	17.20
33	11.00	3.00	4.00	2.00	39.50	30.50	25.70	28.10	25.70
34	12.00	1.00	4.00	3.00	38.90	28.10	24.50	25.70	18.40
35	12.00	2.00	4.00	3.00	46.80	26.90	28.10	29.30	23.20
36	12.00	3.00	4.00	3.00	43.80	31.70	25.70	26.90	16.00

b)

- 10 Condutividade elétrica 0-5cm
- 11 Condutividade elétrica 5-10cm
- 12 Condutividade elétrica 10-30cm
- 13 Condutividade elétrica 30-50cm
- 14 Condutividade elétrica 50-80cm

CASE

NO.	10	11	12	13	14
1	99.00	62.00	42.00	38.00	37.00
2	85.00	51.00	69.00	53.00	54.00
3	103.00	58.00	54.00	43.00	44.00
4	110.00	55.00	41.00	57.00	51.00
5	81.00	51.00	48.00	51.00	36.00
6	92.00	52.00	47.00	38.00	32.00
7	98.00	56.00	54.00	52.00	52.00
8	85.00	62.00	49.00	60.00	73.00
9	91.00	61.00	55.00	51.00	46.00
10	154.00	92.00	57.00	48.00	35.00
11	85.00	70.00	54.00	49.00	44.00
12	100.00	61.00	50.00	55.00	36.00
13	144.00	78.00	75.00	72.00	66.00
14	101.00	66.00	48.00	50.00	40.00
15	92.00	59.00	51.00	60.00	45.00
16	75.00	51.00	48.00	56.00	54.00
17	110.00	73.00	60.00	53.00	56.00
18	109.00	71.00	52.00	60.00	48.00
19	113.00	108.00	69.00	54.00	53.00
20	236.00	133.00	80.00	67.00	49.00
21	199.00	95.00	90.00	51.00	53.00
22	108.00	77.00	61.00	71.00	61.00
23	107.00	76.00	76.00	67.00	44.00
24	125.00	96.00	75.00	56.00	49.00
25	92.00	80.00	47.00	84.00	77.00
26	155.00	104.00	77.00	67.00	61.00
27	104.00	85.00	66.00	59.00	55.00
28	184.00	105.00	78.00	67.00	56.00
29	160.00	102.00	76.00	73.00	67.00
30	152.00	103.00	57.00	52.00	55.00
31	109.00	79.00	57.00	51.00	68.00
32	120.00	84.00	62.00	67.00	54.00
33	124.00	80.00	67.00	58.00	45.00
34	126.00	86.00	71.00	67.00	70.00
35	150.00	112.00	85.00	78.00	65.00
36	115.00	80.00	71.00	59.00	48.00